

**ZUR MORPHOLOGIE DES KNIEGELENKS DES RINDES
UNTER BESONDERER BERÜCKSICHTIGUNG
DER HYÄNENKRANKHEIT**

FRANK SCHAUTEN

Disbui. München

1988



Aus dem Institut für Tieranatomie
der Tierärztlichen Fakultät der Universität München
Lehrstuhl: Professor Dr. B. Vollmerhaus

ZUR MORPHOLOGIE DES KNIEGELENKS DES RINDES
UNTER BESONDERER BERÜCKSICHTIGUNG
DER HYÄNENKRANKHEIT

I N A U G U R A L - D I S S E R T A T I O N
zur Erlangung der tiermedizinischen Doktorwürde der
Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität
München

von
Frank Schauten
aus
Mönchengladbach

München 1987

Gedruckt mit Genehmigung der Tierärztlichen Fakultät
der Universität München

Dekan: Prof. Dr. M. Rüsse

Referent: Prof. Dr. B. Vollmerhaus

Korreferent: Prof. Dr. Dr.h.c. G. Dirksen

Tag der Promotion: 26. Februar 1988

Einleitung

1. Allgemeines

1.1. Die Stadt Würzburg und ihre Bedeutung

1.2. Die Stadt Würzburg und ihre Umgebung

1.3. Die Stadt Würzburg und ihre Geschichte

1.4. Die Stadt Würzburg und ihre Kultur

2. Die Stadt Würzburg und ihre Verwaltung

2.1. Die Stadt Würzburg und ihre Verwaltung

2.2. Die Stadt Würzburg und ihre Verwaltung

2.3. Die Stadt Würzburg und ihre Verwaltung

2.4. Die Stadt Würzburg und ihre Verwaltung

2.5. Die Stadt Würzburg und ihre Verwaltung

2.6. Die Stadt Würzburg und ihre Verwaltung

2.7. Die Stadt Würzburg und ihre Verwaltung

2.8. Die Stadt Würzburg und ihre Verwaltung

2.9. Die Stadt Würzburg und ihre Verwaltung

2.10. Die Stadt Würzburg und ihre Verwaltung

2.11. Die Stadt Würzburg und ihre Verwaltung

2.12. Die Stadt Würzburg und ihre Verwaltung

2.13. Die Stadt Würzburg und ihre Verwaltung

2.14. Die Stadt Würzburg und ihre Verwaltung

2.15. Die Stadt Würzburg und ihre Verwaltung

Meinen Eltern
in Dankbarkeit

INHALTSVERZEICHNIS

=====

	Seite
Einleitung	1
1. Literatur	2
1.1 Das Auftreten der Hyänenkrankheit	2
1.1.1 Klinische Symptome	2
1.1.2 Epidemiologie	5
1.1.3 Histologische Pathologie	8
1.2 Zur Frage der Ätiologie der Hyänenkrankheit	11
1.2.1 Die genetische Hypothese	11
1.2.2 Die endokrinologische Hypothese	13
1.2.3 Die metabolische Hypothese	14
1.2.4 Die infektiöse Hypothese	17
2. Material und Methodik	21
3. Ergebnisse	29
3.1 Bewegungsumfang im Kniegelenk	29
3.2 Beschreibung und Messung der Bänder der	
Articulatio femorotibialis	32
3.2.1 Ligamenta collateralia	32
3.2.1.1 Ligamentum collaterale laterale	32
3.2.1.2 Ligamentum collaterale mediale	33
3.2.2 Ligamenta cruciata	34
3.2.2.1 Ligamentum cruciatum craniale	34
3.2.2.2 Ligamentum cruciatum caudale	35

	Seite
3.3 Das Verhalten der Menisken	37
3.4 Patella	46
3.5 Untersuchung der Gelenkknorpeldicke	49
3.5.1 Facies articularis patellae	49
3.5.2 Trochlea ossis femoris	50
3.5.3 Condylus lateralis et medialis ossis femoris	52
3.5.4 Condylus lateralis et medialis tibiae	55
3.6 Untersuchung am Os femoris und an der Tibia	58
3.6.1 Os femoris	58
3.6.2 Tibia	80
3.6.3 Relation zwischen Os femoris und Tibia	87
3.6.4 Röntgenologische Analyse	92
4. Diskussion	101
5. Zusammenfassung	117
6. Summary	118
7. Literaturverzeichnis	119

Einleitung

Zu Beginn der siebziger Jahre wurde zunächst in Frankreich eine bis dahin unbekannte Erkrankung bei Rindern beobachtet, die den Namen Hyänenkrankheit erhielt. Diese Erkrankung wurde in den folgenden Jahren, insbesondere im Zuge ihrer Ausbreitung auf andere Länder, Gegenstand weiterführender Untersuchungen, wobei das vordringliche Augenmerk der Klärung ihrer Ätiologie galt. Der pathologisch - anatomische Teil dieser Untersuchungen beschränkte sich auf die Adspektion, weil sich kardinal abzeichnete, daß die langen Röhrenknochen der Hintergliedmaßen besonders starken Veränderungen unterworfen waren.

Mir wurde die Aufgabe gestellt, die makroskopische Morphologie mit beschreibenden und messenden Methoden detaillierter zu erfassen, um Art und Ausmaß der Veränderungen am Bewegungsapparat der Hintergliedmaße von "Hyänen- Rindern" zu verdeutlichen. Weil jedoch Meßergebnisse, die sich zum Vergleich eigneten, von gesunden Tieren nicht vorlagen, sollten die Untersuchungen auf gesunde Rinder gleicher Rasse und gleichen Alters (Kontrolltiere) ausgedehnt werden. Die Untersuchungen sollten zum Ziel haben, auf fundierter Grundlage die Bewegungsanomalien von "Hyänen- Rindern" zu diskutieren.

1. Literatur

1.1 Das Auftreten der Hyänenkrankheit

Seit 1971 wurde von Rinderzüchtern in den westlichen Departements Frankreichs eine Erkrankung beobachtet, der sie auf Grund des Aussehens der Tiere den Namen "Maladie de la Hyene" (Hyänenkrankheit) gaben. Dieser Name wurde von ESPINASSE und PARODI (1975) übernommen, als sie erstmals die klinischen Symptome der Krankheit beschrieben und Fragen zur Ätiologie stellten. In den Folgejahren wurde die Erkrankung auch in Deutschland (KLEE und LENGFELDER, 1979), Italien (VACIRCA et al., 1980), Belgien (LOMBA et al., 1981), Australien (CARRIG et al., 1981), Argentinien (RENNER et al., 1983), der UdSSR (ERNST et al., 1983) und Japan (SEIMIYA, 1986) beobachtet.

1.1.1 Klinische Symptome

Das klinische Bild der "Hyänenkrankheit" wird in erster Linie durch die Morphologie der befallenen Tiere, begleitet von Bewegungsstörungen, bestimmt. Alle Autoren stellen eine deutliche Wachstumsdifferenz zwischen Vorder- und Hintergliedmaßen zuungunsten der Hinterextremität fest. Die Einschätzung von REMY (1978), daß diese Differenz durch eine unzureichende Entwicklung der Hintergliedmaßen bei gleichzeitig übermäßiger Entwicklung der Vordergliedmaßen zustande kommt, wird von anderen Autoren (RENNER, 1983) nicht geteilt. An Hand des Verlaufes der Rückenlinie der betroffenen Tiere lassen sich zwei Erscheinungsformen unterscheiden: Typ I der Hyänenkrank-

heit zeichnet sich durch eine vom deutlich hervortretenden Widerrist geradlinig bis zur Schwanzwurzel abfallende Rückenlinie aus. Beim Typ II fällt die Rückenlinie ebenfalls bis zur Lendenwirbelsäule ab, um am Ende der Lendenwirbelsäule mit einem Winkel von 20 bis 45 Grad (PARODI und ESPINASSE, 1975; VACIRCA et al., 1980; BALLARINI et al., 1981) in das fast horizontal stehende Kreuzbein überzugehen. Dabei können beide Erscheinungsformen nebeneinander im gleichen Betrieb auftreten (VACIRCA et al., 1980). Die durch die abfallende Rückenlinie entstehende Höhendifferenz zwischen Widerrist und Kreuzbein variiert zwischen 100 und 200 mm.

Der Gesamteindruck ist der eines im Kruppen- und Schenkelbereich schwächlichen Tieres. REMY (1978) stellt durch Körpermessungen am lebenden Tier fest, daß das Gewicht der Hyänenkuh um 30 % geringer ist als das eines nach Alter, Geschlecht und Rasse vergleichbaren gesunden Tieres. Außerdem verlagert sich das Gewicht noch deutlicher als üblich auf die Vorderextremitäten. Die Höhe des Widerrists ist bei gesunden und kranken Tieren fast gleich. Dagegen beträgt der Höhenunterschied, gemessen am Sitzbeinhöcker, bei gleicher Höhe des Sprunggelenks, ca. 100 mm. Diese Tatsache läßt REMY nach Untersuchungen am lebenden Tier vermuten, daß die Veränderungen vor allem im Bereich von Ober- und Unterschenkel lokalisiert sind. Diese Verkürzung der Hintergliedmaße wird außerdem von einer symmetrischen Verengung des Beckens begleitet. ESPINASSE und PARODI (1975) stellen



fest, daß der Abstand zwischen den "Hüftwinkeln" (gemeint sind offensichtlich die Hüfthöcker) bei Hyänenkühen 400 mm und weniger beträgt, wohingegen er bei gesunden Tieren im Bereich von 500 mm variierte.

Die von REMY (1978) bei Hyänenkühen beobachtete vermehrte Struppigkeit des Haarkleides im Widerristbereich wird von anderen Autoren (LEGOUPIE, 1979; LOMBA et al., 1981) bestätigt. Dagegen findet seine Beobachtung, daß sich erkrankte Tiere aggressiv verhalten und daß sie eine rauhere, heisere Stimme besitzen, wie ESPINASSE und PARODI bereits 1976 beschrieben haben, von anderen Autoren (LEGOUPIE, 1979; LOMBA et al., 1981) keine Zustimmung.

Eine von KLEE und LENGFELDER (1979) durchgeführte Bestimmung der Aktivitäten von GOT, CK, GPT, AP und der Konzentration von Harnstoff, Gesamt-Eiweiß, Ca, Mg, P, Na, K, Cl und Fe im Serum sowie die Auswertung des Blutbildes ergibt, mit Ausnahme einer leichten Erhöhung der CK, keine pathologischen Befunde. ERNST et al. (1983) finden zusätzlich eine Verringerung der Cholinesterase-Aktivität. Neben den beschriebenen Symptomen zeigen die Tiere deutliche statische und lokomotorische Störungen. Sie liegen viel. Im Stand stellen sie die Hintergliedmaßen unter und zeigen einen deutlich kleineren Kniegelenkwinkel. Der Gang ist breitbeinig, die Schritte der Hintergliedmaßen sind verkürzt, wobei die Tiere oft den Boden streifen oder sogar stolpern. Sieht man von den beschriebenen Bewegungsstörungen ab, scheinen keine anderen Funktionen betroffen zu sein.

1.1.2 Epidemiologie

Die Hyänenkrankheit wird, nachdem sie zu Beginn hauptsächlich im Westen Frankreichs aufzutreten schien, inzwischen auch in anderen europäischen (Deutschland, Belgien, Italien, UdSSR) wie außereuropäischen Ländern (Argentinien, Japan) beobachtet und untersucht. Die von der Krankheit befallenen Tiere werden normal geboren und scheinen zunächst auch normal zu wachsen. Erst im Alter von 3-6 Monaten treten erste Anzeichen der Krankheit auf. Dabei scheint der Zeitpunkt des Auftretens erster Symptome von der Rasse der erkrankten Tiere abhängig zu sein. Je frühreifer die Rasse, desto früher treten Krankheits-symptome auf (ESPINASSE et al., 1985). WESSEL (1986) stellt fest, daß der Beginn der Symptome zwischen 2 und 12 Monaten variiert, wobei auch ein früheres Auftreten der Symptome bei frühreifen Rassen beobachtet.

LIBERGE (1981) versuchte auf der Basis eines 1975 von ESPINASSE und PARODI ausgearbeiteten Fragebogens, in dem Rasse, Geschlecht, Haltung, Ernährung, Zucht und Auftreten von Krankheiten sowohl beim Muttertier als auch beim Kalb dokumentiert sind, Gemeinsamkeiten zwischen landwirtschaftlichen Betrieben, bei denen die Hyänenkrankheit aufgetreten war, zu finden. Dabei stellte er fest, daß neben anderen Rassen (Normannische Rasse, Charolais, Maine-Anjou) vor allem die Rasse FFPN (franz.-fries. Schwarzbunte) und weibliche Tiere betroffen sind. Dies erklärt er damit, daß in den untersuchten Gebieten die Schwarzbunten die am häufigsten vorkommende Rasse dar-

stelle und daß Stierkälber meist mit 100-120 Tagen geschlachtet werden, also zu einem Zeitpunkt, zu dem klinische Symptome noch nicht auftreten. Durch andere Autoren wird die Hyänenkrankheit auch bei einer Kreuzung aus DFV und DRB (KLEE und LENGFELDER, 1979), bei Holstein-Friesen und bei weiß-blauen Belgiern (LOMBA et al., 1981), sowohl bei weiblichen, als auch bei männlichen Tieren beschrieben (MARSCHANG, 1980; BALLARINI et al., 1981; RENNER, 1985), so daß, wenn auch weibliche Tiere einzelner Rassen besonders betroffen zu sein scheinen, weder eine Rasse- noch Geschlechtsspezifität besteht. Ebenfalls scheint das Auftreten der Hyänenkrankheit nicht an Bedingungen der Trächtigkeit, der Zucht, der Haltung und Ernährung gebunden zu sein (LIBERGE, 1981; ESPINASSE et al., 1985).

Tritt die Hyänenkrankheit in einem bestimmten Betrieb auf, so sind nach übereinstimmenden Angaben im ersten Jahr bis zu 30% der Jungtiere, seltener 50% (LOMBA et al., 1981) oder sogar 80% (LIBERGE, 1981), betroffen. Die Erkrankung befällt über einen Zeitraum von 1-2 Jahren immer weitere Tiere des Bestandes, wobei im zweiten Jahr in der Regel eine Abnahme zu registrieren ist. Die durchschnittliche Persistenz beträgt nach Angaben von WESSEL (1986) 1,5 Jahre. Im Anschluß daran scheint die Krankheit gestoppt zu sein. Ebenfalls nach Beobachtung von WESSEL (1986) tritt die epizootische Verlaufsform der Hyänenkrankheit am häufigsten auf. Seltener werden sporadische Fälle beobachtet, wobei pro Betrieb nur 1-2 Jungtiere be-

fallen werden. Isolierte Fälle von Hyänenkrankheit werden bisher nur von LIBERGE (1981) und WESSEL (1986) beschrieben.

1.1.3 Histologische Pathologie

Erste histopathologische Befunde werden von ESPINASSE und PARODI (1978) veröffentlicht. Dabei beobachten die Autoren perivaskuläre Infiltrationen lymphoider und mononukleärer Zellen in der grauen und weißen Substanz des gesamten Rückenmarks. Diese Tatsache bewog ESPINASSE und PARODI schon damals dazu, an eine mögliche infektiöse Ätiologie der Hyänenkrankheit zu denken. KLEE und LENGFELDER (1979) führen histologische Untersuchungen an der Skelettmuskulatur aller vier Extremitäten, am Herzen, an der Lunge, Leber, Milz, am ZNS einschließlich Hypophyse und am peripheren Nervensystem durch. Sie konnten keine pathologischen Veränderungen feststellen. Auch PARODI et al. (1982) können anlässlich histologischer Untersuchungen in 15 Fällen von Hyänenkrankheit keine auffälligen Läsionen am Knochen-, Nerven- und Muskelgewebe beobachten. Jedoch sind Anomalien im Metaphysenknorpel lokalisiert. Die Knorpelarchitektur ist hochgradig gestört, obwohl die Dicke des Knorpels normal ist. Zum Teil treten in der Matrix des Metaphysenknorpels Spalten von 10 µm und mehr auf, die durch zum Teil hämorrhagisches Fettmark aufgefüllt sind. Die Knorpelzellen selbst zeigen grundsätzlich normale Wachstumsbilder. Pathologische Veränderungen der Wachstumszone werden vor allem an der proximalen und distalen Metaphyse des Os femoris, der proximalen Metaphyse der Tibia und des Humerus und der distalen Metaphyse des Radius beobachtet. Dabei erlauben nach Meinung

der Autoren die Knorpelanomalien zwar eine gute Erklärung für die Skelettveränderungen, gestatten aber keine Aussage über die Ätiologie der Hyänenkrankheit. CINOTTI et al. (1984) finden, daß die histologischen Veränderungen hauptsächlich durch ausgeprägte Unregelmäßigkeiten der Knorpelplatte charakterisiert sind, wobei Restbezirke wachsenden Knorpels wie Inseln im umgebenden Knochengewebe liegen. Diaphyseales Knochengewebe zeigt nach Aussage dieser Autoren keine Veränderungen. PARODI et al. (1985) führen histologische Untersuchungen an 11 weiteren Hyänentieren durch. Sie beschreiben zwei Formen der Veränderungen: zum einen eine grundlegende Deformation der Architektur der metaphysären Knorpelplatte, wie sie von den Autoren schon 1982 beschrieben wurde, zum anderen eine Verminderung oder Einstellung der Aktivität des Metaphysenknorpels. Dieser ist entweder dünn, die Schichtung unregelmäßig oder nicht vorhanden oder es treten zum Teil transversale Spalten zwischen den Chondrozyten auf. Erstere Form beobachteten die Autoren vor allem an den proximalen Metaphysen von Humerus und Femur und der distalen Metaphyse des Radius, die zweite Form besonders an der distalen Metaphyse des Os femoris und an der proximalen der Tibia. Diese beiden letztgenannten Metaphysen zeigen jedoch physiologischerweise die stärkste Aktivität und sind somit für das Längenwachstum von besonders großer Bedeutung. Desweiteren stellen die Autoren durch in vivo Versuche an 4 Hyänentieren und einem Kontrolltier im Alter von 12 bis 18 Monaten fest,

daß nur die enchondrale Ossifikation der distalen Metaphyse des Os femoris und der proximalen Metaphyse der Tibia verringert ist.

1.2 Zur Frage der Ätiologie der Hyänenkrankheit

Seit Auftreten der Hyänenkrankheit wird ihrer Ätiologie besondere Aufmerksamkeit zuteil. Bisher sind genetische, endokrine, metabolische und infektiöse Hypothesen diskutiert worden, ohne die Ätiologie der Erkrankung endgültig beweisen zu können.

1.2.1 Die genetische Hypothese

Erstmals wird von ESPINASSE und PARODI (1976) die genetische Ursache der Hyänenkrankheit andiskutiert und auf eine Folgeuntersuchung verwiesen, die 1978 erscheint. Danach werden bei 7 Hyänenfärsen der Rasse PFPN im Alter zwischen 8 und 18 Monaten chromosomenanalytische Untersuchungen im lichtmikroskopischen Größenbereich durchgeführt. Bei keinem der untersuchten Tiere wird dabei eine Veränderung von Anzahl oder Struktur der Chromosomen festgestellt. Desweiteren beobachten sie, daß Nachkommen zufällig gedeckter Hyänenkühe nicht erkranken. Ebenso sprechen nach ihrer Meinung das unregelmäßige Vorkommen und das gleichzeitige Auftreten in verschiedenen Rassen gegen eine genetische Ätiologie.

Aus den gleichen Gründen verneinen auch LOMBA et al. (1981) die Möglichkeit eines genetischen Ursprungs.

KLEE und LENGFELDER (1979) schränken ein, daß die Untersuchung der Karyotypen eine Erbkrankheit nicht ausschließt, da die Veränderungen auch auf submikroskopischer Ebene liegen könnte. Auch spräche die Tatsache,

daß kranke Kühe gesunde Kälber gebären, nicht gegen die Erbllichkeit dieser Erkrankung, wenn es sich um gesunde Vatertiere gehandelt habe.

LIBERGE (1981) sieht auf Grund seiner epidemiologischen Untersuchungen eine genetische Ätiologie der Hyänenkrankheit als unwahrscheinlich mit der Begründung an, daß in der Populationsgenetik die Wahrscheinlichkeit für eine Genmutation bei 10^{-5} liegt und daß somit die Wahrscheinlichkeit, daß die gleiche Mutation in verschiedenen Rassen und Ländern auftaucht, nahe null ist.

Demgegenüber beobachten HERZOG et al. (1986) in den Jahren 1977-1979 in einer DSB-Herde 15 Fälle von Hyänenkrankheit. Die Erkrankung tritt bei gleichen Umweltverhältnissen und genau gleicher Ernährung nur bei eng gezüchteten Nachkommen eines einzigen Bullen auf (Gesamtnachkommenzahl: 40). Desweiteren treten nach Angaben der Autoren nahezu Mendelsche Spaltungsverhältnisse auf. Auf Grund dieser Tatsachen handelt es sich nach Meinung der Autoren bei der Hyänenkrankheit um eine Erbkrankheit, die, nach genetischer Analyse, einen einfach rezessiven Vererbungsmodus mit unvollständiger Penetranz besitzt.

Im Gegensatz dazu stellt WESSEL (1986) bei der Untersuchung der Abstammungsverhältnisse von 59 erkrankten Tieren keine auffällige Häufung unter den genannten Vatertieren fest. Weiterhin konnte er auch in keinem Bestand mehrere erkrankte Nachkommen eines Muttertieres bzw. eines Elternpaares beobachten.

1.2.2 Die endokrinologische Hypothese

Die gestaltliche Veränderung kranker Tiere, ihr aggressives Verhalten, die Modifikation ihrer Stimme und die vermehrte Struppigkeit des Haarkleides im Widerristbereich veranlassen ESPINASSE und PARODI (1976) dazu, diese Anomalie als das mögliche Ergebnis eines "Phänomens von Virilismus" anzusehen. Auf Grund dieser Hypothese werden Untersuchungen hinsichtlich der Plasmakonzentrationen von Östradiol 17, LH, Progesteron, 17-Hydroxyprogesteron und Testosteron durchgeführt. Hierzu stehen 4 Färsen der Rasse FFPN im Alter zwischen 15 und 17 Monaten, davon zwei Hyänenfärsen und zwei Vergleichstiere zur Verfügung. Den Tieren wird täglich, zum Zeitpunkt des Östrus stündlich, 10 ml Blut abgenommen und mittels radioimmunologischer Methoden untersucht. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen werden von ESPINASSE und PARODI (1978), THIBIER et al. (1978) und LEGOUPIL (1979) veröffentlicht. Dabei werden keine bedeutenden Unterschiede in den Plasmakonzentrationen der genannten Hormone zwischen den Hyänenfärsen und den Kontrolltieren festgestellt. Diese Ergebnisse werden 1983 von ERNST et al. bestätigt. Auch läßt nach Auffassung von LOMBA et al. (1981) die ungestörte Fertilität, die Geburt gesunder Kälber und die in der Mehrzahl der Fälle zufriedenstellende Laktationsleistung eine endokrine Ätiologie unwahrscheinlich werden.

1.2.3 Die metabolische Hypothese

ADAM et al. (1981) bestimmen in den Knochen und Haaren von Hyänenfärsen verschiedene Mikro- und Makroelemente. Dabei stellen sie fest, daß der Nickelgehalt im Knochengewebe erkrankter Tiere 15,5 mal geringer ist als bei gesunden Vergleichstieren. Auch im untersuchten Haar tritt dieser Nickelmangel auf, allerdings nicht so stark (3 mal geringer) und erst wesentlich später. Weiterhin verzeichnen sie einen verminderten Mangan- und Kupfergehalt. Im Gegensatz dazu ist der Prozentgehalt an Zink, Eisen, Kalium und Phosphor höher als bei Kontrolltieren. Der Kalzium und Magnesiumgehalt ist bei beiden Gruppen gleich. Diese Ergebnisse werden durch BALLARINI und MALETTTO (1983) bzw. BALLARINI et al. (1984) bestätigt. Diese Autoren sind allerdings der Meinung, daß es sich dabei eher um eine allgemeine Störung des Mineralstoffwechsels als um einen ernährungsbedingten Mangel handelt. Auch ist laut PARODI et al. (1985) die Hypothese einer Mangelerkrankung mit der Epidemiologie der Hyänenkrankheit unvereinbar.

WESSEL (1986) stellt fest, daß die Mehrzahl der untersuchten Betriebe nährstoff- und basenarme Böden auf SiO-reichem Untergrund und eine direkte Nachbarschaft zu Moorgebieten aufweist. Die Folge könnte eine überdurchschnittlich hohe Fe-Versorgung, ein dadurch bedingter sekundärer Manganmangel und eine relative Nickel- und Kobaltarmut sein. Nach Meinung des Autors könnte dieser latente Mangel an Spurenelementen während der intra-

uterinen Entwicklung und der Aufzucht einen prädisponierenden Faktor für die Entstehung der Hyänenkrankheit darstellen.

Für RENNER et al. (1983/1984/1985) ist die Hyänenkrankheit eine jugendliche Hypervitaminose D. Die Autoren geben an, daß Dosen von 3000-3500 IU/kg/Tag leichte, Dosen von 4000-4500 IU/kg/Tag stark ausgeprägte klinische Erscheinungen zur Folge haben. Bei noch höherer Dosierung käme es zu Zwergwuchs bzw. Knochendemineralisation, Aortenverkalkung und Tod. Dabei zeige sich die Auswirkung der Hyänenkrankheit erst nach Absetzen der Vitamin D Überdosis, während sich die Erkrankung röntgenologisch und histologisch schon in den ersten Tagen der Hypervitaminose D gut nachweisen ließe. Nach Meinung der Autoren hat die Überversorgung mit Vitamin D beim jungen Tier eine starke Beschleunigung des Verknöcherungsprozesses zur Folge, wobei die endgültige Gestalt des Tieres von der Verabreichungsform, der Dauer der Vitamin D-Überversorgung und vom Entwicklungsstadium des betroffenen Tieres abhängt. So kommt es nach Angaben der Autoren bei Tieren, die während der gesamten Zeit ihrer Skelettentwicklung eine Überdosierung von Vitamin D erhalten, zu einem stoffwechselbedingten Zwergwuchs, wohingegen sich Tiere, welche nur zu Beginn ihrer Entwicklung eine Überdosierung von Vitamin D erhalten, zu einer "Hyäne" entwickeln. Dabei soll es auf Grund der physiologischerweise unterschiedlichen Entwicklung zwischen Vorder- und Hinterextremität zu einem früheren Epi-

physischenfugenschluß an der Hintergliedmaße kommen, während sich die Vordergliedmaße weiterentwickelt. Auch läßt nach Auffassung der Autoren der geringere Aschegehalt und der stark erhöhte Phosphorgehalt ebenfalls eine Hypervitaminose D vermuten.

Demgegenüber deutet für PARODI et al. (1985) auf Grund vergleichbarer Untersuchungen nichts auf eine derartige Ätiologie hin.

WESSEL (1986) beobachtet keine vermehrten Erkrankungsfälle bei einer Vitamin D Gabe von über 7000 IE/Tier/Tag, schließt aber einen prädisponierenden Effekt der Vitamin D- Überversorgung während der Kälberaufzucht nicht aus.

1.2.4 Die infektiöse Hypothese

Schon 1978 mutmaßten ESPINASSE und PARODI, daß die Hyänenkrankheit einen ansteckenden Ursprung haben könnte, weil ihr epidemiologischer Charakter dies nahelege. Weitere Gründe, die sie in ihrer Meinung bestärken, waren:

- Anwesenheit von disseminierten perivaskulären Infiltrationen lymphoider und monohistiozytärer Zellen in der grauen und weißen Substanz des gesamten Rückenmarks,
- Störung des Proteinprofils im Serum von Hyänentieren (wobei jedoch die Art dieser Störung nicht näher beschrieben wurde),
- Anwesenheit des Erregers der bovinen Virusdiarrhoe in den von Hyänenkrankheit befallenen Herden.

ESPINASSE und PARODI veröffentlichen 1979 die diesbezüglichen Ergebnisse einer serologischen Studie, bei der 166 Blutproben, davon 38 Hyänentiere, auf das Vorhandensein des Erregers der bovinen Virusdiarrhoe untersucht wurden. Dabei sind die Antikörpertiter insgesamt bei den Kontrolltieren bedeutsamer als bei den Hyänentieren. LOMBA et al. (1981) stellen fest, daß alle jungen Rinder, welche von der Hyänenkrankheit befallen sind, ab ca. dem 15. Lebenstag an einem starken, grün-schwärzlichen, übelriechenden Durchfall gelitten hatten. Desweiteren zeigen in einem Betrieb alle 12 Kälber, die im Alter von wenigen Tagen mit einem "lebenden, verdünntem BVD Virus" geimpft worden waren, nach 5-6 Monaten alle charakteristischen Symptome der Hyänenkrankheit. Andererseits weist keines

der Tiere zum Zeitpunkt der Untersuchung eine deutliche Erhöhung der Antikörper gegen das Virus der BVD auf.

Ausgehend von der Hypothese der viralen Ätiologie der Hyänenkrankheit und dem Wissen um die Fähigkeit des BVD-Virus, angeborene Skelettanomalien zu bedingen, sowie um die Rolle der Togaviridae (BVD; Border-Disease; Schweinepest), das Knochenwachstum zu verzögern, beschreibt GUELLEC (1981) die "Border-Disease" als ein mögliches pathogenetisches Modell für die Hyänenkrankheit und versucht strukturelle, serologische und pathogenetische Analogien innerhalb der Gattung Pestivirus der Togaviridae zu finden. Dabei ergibt sich aber keine befriedigende Untermauerung der Hypothese einer viralen Ätiologie der Hyänenkrankheit.

LIBERGE (1981) kommt auf Grund seiner epidemiologischen Untersuchung zu der Auffassung, daß "ein noch unbekannter Erreger (viral oder toxisch) der Ursprung der Hyänenkrankheit" sei.

WESSEL (1986) kann keine direkte Beziehung zwischen der Hyänenkrankheit und neonatalen Erkrankungen bzw. BVD-Infektionen feststellen, da zum einen nur in zehn Fällen mit einiger Sicherheit Kälbererkrankungen beobachtet, zum anderen nur in 7 von 11 untersuchten Betrieben vereinzelt erhöhte BVD-Titer festgestellt wurden.

POUPLARD et al. untersuchen 1982 die Blutseren von 51 Tieren, die an der Hyänenkrankheit leiden, und von 12 Kontrolltieren. Dabei stellen sie fest, daß bei 41 der getesteten Hyärentiere Antikörper gegen Zellen des Hypo-

hypophysenvorderlappens, vermutlich gegen LH- bildende Zellen, existierten. Bei den Kontrolltieren kann eine positive Reaktion nur bei 1 Tier beobachtet werden. Desweiteren führen sie histologische Studien an Hypophysen von 7 Hyänentieren durch. Sie finden vorwiegend perivaskuläre Infiltrationen (Lymphozyten, aber auch Plasmazellen und Makrophagen) und Nekroseherde mit Resten von LH- und FSH- bildenden Zellen. Die Autoren äußern außerdem den Verdacht, daß dieses pathologische Phänomen vorübergehenden Charakter besitzt, da die Infiltrationen vorwiegend beim jungen Tier auftreten und auch die Antikörper nach einer gewissen Entwicklungszeit nicht wiedergefunden werden. Dies lasse auch die Vermutung zu, daß sich die Erscheinung der Hyänenkrankheit, einmal in Gang gesetzt, selbständig weiterentwickele.

Aus diesen Gründen handelt es sich nach Meinung der Autoren möglicherweise um eine autoimmune Erkrankung des Hypophysenvorderlappens, die eventuell viralen Ursprungs sein könnte. Auf Grund dieser und vorher genannter Gründe sehen ESPINASSE et al. (1985) folgendes pathogenetische Schema als möglich an:

- 1) hypophysäre Schädigung in den ersten Lebenswochen durch den Erreger der bovinen Virusdiarrhoe
- 2) Anomalie des Knochenwachstums durch Befall der somatotropen Zellen.

Zusammenfassend ist nach Sichtung der Literatur festzustellen, daß einerseits keine der Hypothesen über die Ätiologie der Hyänenkrankheit des Rindes durch positive Beweise verifiziert werden konnte. Andererseits sind auch nicht alle negativen Beweise ausreichend, die aufgestellten Hypothesen zu falsifizieren. Deshalb sollte der Gedanke nicht von der Hand gewiesen werden, daß die Hyänenkrankheit keine einheitliche Ursache haben muß, sondern das gleichartige Symptom für mehrere Erkrankungen darstellen könnte (KLEE, 1987).

2 Material und Methodik

Material: Für makroskopisch-anatomische Untersuchungen am Kniegelenk standen die Hintergliedmaßen von 5 Braunvieh-Rindern im Alter von zweieinhalb bis drei Jahren zur Verfügung. Drei Tiere, 2 weibliche (K1; K2) und 1 männliches (K3), waren gesund und dienten als Kontrolltiere. Zwei weibliche Tiere (H1; H2) zeigten deutliche klinische Symptome der Hyänenkrankheit.

In die röntgenologische Analyse wurden die Kniegelenke von 3 Hyänen-Kühen [DSB-Kuh (Alter: 1 Jahr), RB-Kuh (Alter: 3 Jahre) und einer Braunvieh-Kuh (H2; Alter: 2,5 Jahre)] einbezogen. Dabei lagen im Fall der Braunvieh-Kuh (H2) auch die Aufnahmen vor, die im Alter von ca. 1 Jahr gemacht wurden. Als Vergleich dienten Aufnahmen gleichaltriger gesunder Tiere.

Methoden:

1. Messung des Bewegungsumfangs:

Mit Hilfe des für die Humanorthopädie von RUSSE et al. (1982) konzipierten "International Standard Goniometer" (Abb.1) wurde nach den Richtlinien von VOLLMERHAUS und ROOS (1982) die Kniegelenksmessung am anatomischen Präparat durchgeführt.

Zur Messung der maximalen Beugung und Streckung wurde der Mittelpunkt des Goniometers am lateralen Rollkamm der Trochlea angelegt (Abb.2, Punkt B). Der feste Schenkel wurde auf den Trochanter major ossis femoris (Abb.2,

Punkt A), der bewegliche Schenkel auf das Os malleolare (Abb.2, Punkt C) gerichtet. Unter mäßigem Kraftaufwand wurde nun die Beuge- bzw. Streckbewegung durchgeführt und der Winkel der maximalen Beuge- bzw. Streckstellung am Goniometer abgelesen.

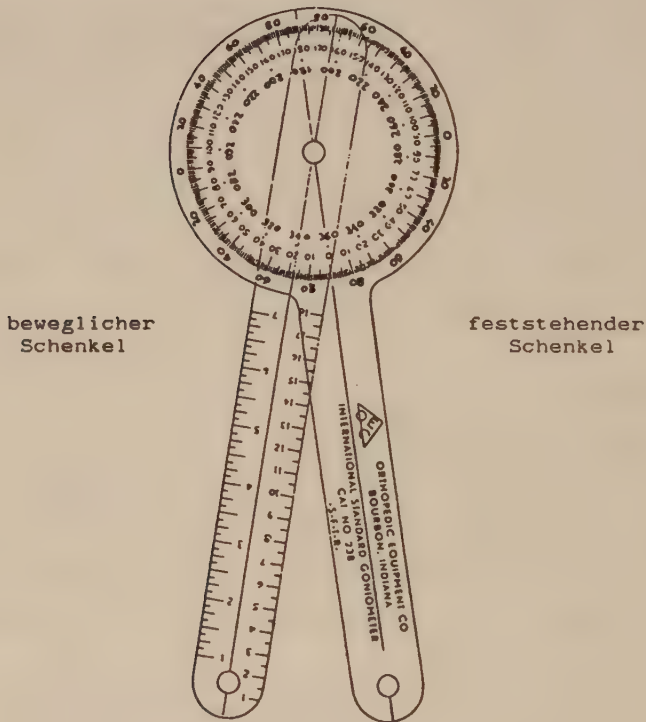


Abbildung 1: Standard-Goniometer nach
RUSSE et al. (1982)

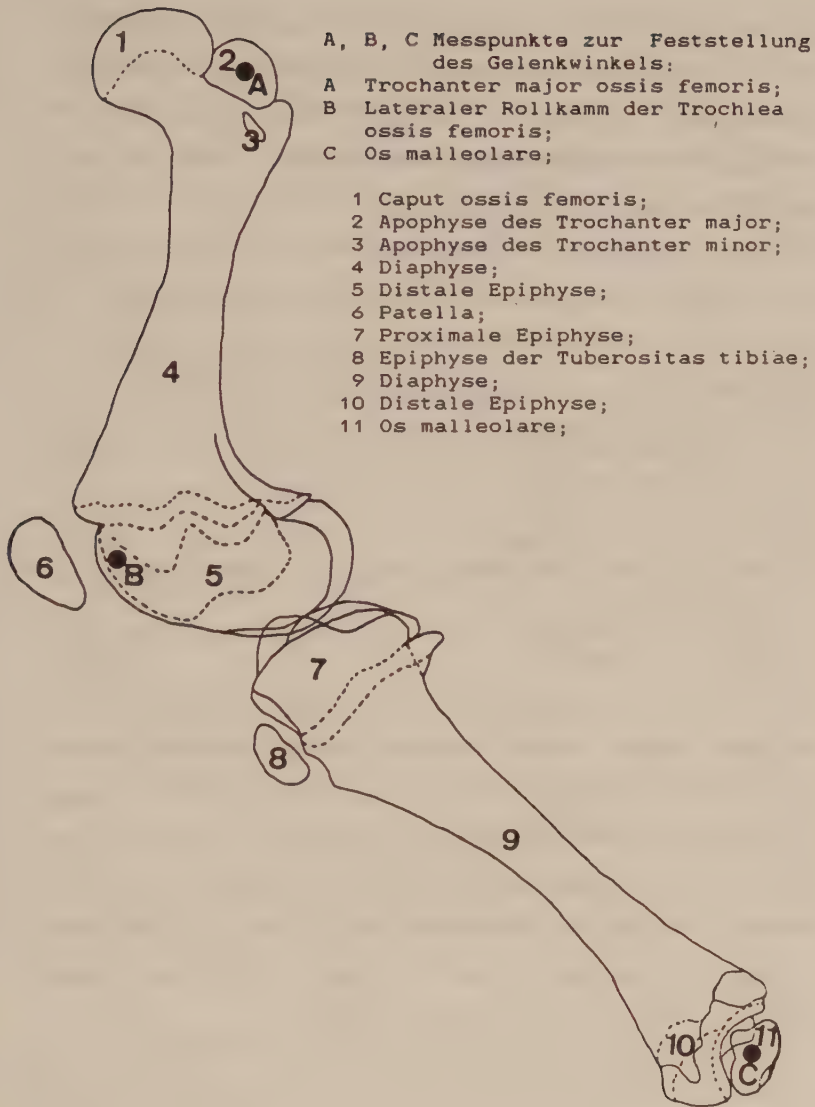


Abbildung 2: Röntgenskizze des Kniegelenks
(nach BRUNNER, 1983)

Zur Messung der Rotation wurde das Kniegelenk so weit gebeugt, bis sich die Achse der Tibia sowohl in der Horizontalebene, als auch in der Sagittalebene befand. Vom Sprunggelenk abwärts hing die Extremität locker ventral. Das Goniometer wurde nun möglichst weit von kaudal in die Kniekehle geschoben, wobei der feste Schenkel exakt kaudal zeigte. Der Metatarsus wurde als Hebel benutzt, um lateral bzw. medial Drehbewegungen auszuführen (Rotation im Kniegelenk). Die Messung des Winkels erfolgte, indem der bewegliche Schenkel des Goniometers den Bewegungen des Calcaneus folgte.

2. Beschreibung und Messung der Bänder der Articulatio femorotibialis

a) Ligg. collateralia:

Bei der Untersuchung der beiden langen Seitenbänder des Kniekehlgelenks wurde auf deren Ansatz, Ursprung, Länge, Faserverlauf, auf den Spannungszustand der Fasern während verschiedener Beuge- bzw. Streckphasen, sowie auf das Verhalten der Bänder zu den Menisken geachtet. Als Fixpunkte bei der Bestimmung der Länge wurden am Femur der proximale Rand und an der Tibia bzw. Fibula der distale Rand des jeweiligen Bandhöckers gewählt.

b) Ligg. cruciata:

Nach Entfernung der Gelenkkapsel wurden an den gekreuzten Bändern des Kniekehlgelenks der Ursprung, Ansatz und Spannungszustand während der Beuge- bzw. Streckbewegung sowie die Länge untersucht. Die Länge der Bänder

entspricht dem Abstand zwischen einerseits ihrem proximalsten Faserursprung an den interkondylen Flächen der lateralen bzw. medialen Femurknorren und andererseits im Falle des kranialen Kreuzbandes dem distalsten Punkt unterhalb des Lig. tibiale cran. menisci med., im Falle des kaudalen Kreuzbandes dem distalsten Punkt in der Incisura poplitea der Tibia.

3. Menisken und ihre Bänder

Bei der Betrachtung der Menisken wurde Form, Länge, Breite und Dicke beachtet. Desweiteren wurden die Ansatzstellen der Meniskenbänder an der Tibia, sowie das Verhalten dieser Bänder und der Menisken bei max. Beugung und Streckung beschrieben. Dabei wurde die von den Menisken während des Beuge- bzw. Streckvorganges zurückgelegte Strecke gemessen.

4. Kniescheibe und ihre Bänder

An der Patella wurde die Form sowohl der Facies articularis als auch der Facies cranialis beschrieben und die maximale Länge, Breite und Höhe (Abb.3 auf Seite 46) gemessen. Die Kniescheibenbänder wurden nach Ursprung, Ansatz und Verlauf verglichen.

5. Gelenkknorpelstärke

Die Stärke der Gelenkknorpel wurde am Condylus lateralis und medialis sowie an der Trochlea ossis femoris, weiterhin an den Gelenkflächen des Condylus medialis und lateralis der Tibia und schließlich an der Facies articularis der Patella bestimmt. Die jeweiligen Mess-

punkte sind in den Abbildungen 4, 5, 6, 7 dargestellt.

6. Untersuchung der das Kniegelenk bildenden Knochen

6.1 Os femoris

Nach einer vergleichenden Beschreibung des Os femoris der Hyänentiere und der gesunden Kontrolltiere, wurden folgende Messungen vorgenommen: größte natürliche Länge, größte Breite proximal und distal, kleinster latero-lateraler bzw. kranio-kaudaler Schaftdurchmesser, kleinster Schaftumfang, größte funktionelle Länge und die Tiefe des Caput ossis femoris (Abb.8).

Desweiteren wurden folgende Untersuchungen durchgeführt:

a) Bestimmung des Winkels zwischen Femurschaft und Kondylushorizontale von kaudal:

Hierzu wird das Femur mit seinen Kondylen auf eine horizontale Fläche gestellt und der Winkel zwischen dieser Fläche und der Femurschaftachse gemessen (Abb.19).

b) Bestimmung des Winkels zwischen Femurschaft und Kondylushorizontale von medial:

Ausgehend von der gleichen Stellung wird mittels des Standard-Goniometers der Winkel zwischen der horizontalen Fläche und der Femurschaftachse von medial bestimmt (Abb.18).

c) Bestimmung des Winkels zwischen Femurschaft- und Kondylusachse

Hierzu wird an den Umrißzeichnungen der mazerierten Knochen die Schaftachse (Mittelachse) des Os femoris (Abb.13, A) bestimmt und diese Gerade auf die Epiphyse verlängert. Sodann wird eine Ebene (B) als Verbindung

zwischen dem vorderen und hinteren Gelenksrand des Condylus ossis femoris angelegt. Auf diese Ebene wird in der Mitte das Lot gefällt. Dieses stellt die Kondylusachse (C) dar. Der Winkel (D) zwischen Kondylus- und Femurschaftachse kann mittels des Geo-Dreiecks bestimmt werden (TRACHSEL, 1910).

d) Bestimmung der Krümmungsradien

Hierzu werden nach einem von BLÜML (1983) eingeführten Verfahren mit der wiederverwendbaren Abdruckmasse Dubliform* exakte Abdrücke von den Gelenkflächen der Kondylen und der Trochlea ossis femoris angefertigt. An den Abdrücken werden in Höhe der Führungslinie Längsschnitte und von diesen Schnitten Stempelabdrücke angefertigt. An diesen Abdrücken können die Krümmungsverhältnisse der Kondylen bzw. der Rollkämme der Trochlea ossis femoris ermittelt werden.

6.2 Tibia

Nach einem Vergleich sowohl zwischen der linken und rechten Tibia, als auch zwischen Hyänentieren und gesunden Kontrolltieren, wurden folgende Messwerte ermittelt: größte Länge, größte Breite proximal und distal, kleinster Diaphysenumfang und kleinster latero-lateraler und kranio-kaudaler Diaphysendurchmesser.

6.3 Röntgenologische Analyse

Röntgenaufnahmen sowohl von Hyänenkühen als auch von gesunden, gleichaltrigen Kontrolltieren standen zum Ver-

* Dubliform, Dentauro Pforzheim

gleich zur Verfügung. Bei einer Hyänenkuh (H 2) konnten auch Aufnahmen, die im Alter von einem und von zweieinhalb Jahren aufgenommen wurden, verglichen werden. Die Aufnahmen wurden dankenswerterweise in der Chirurgischen Tierklinik angefertigt. Einige markante Röntgenbilder sind dieser Arbeit als Röntgenskizzen (Abb. 23, 24, 25, 26) beigelegt.

VERZEICHNIS DER ABKÜRZUNGEN
=====

Lig. = Ligamentum
caud. = caudalis
cran. = cranialis
dist. = distal
lat. = lateralis
max. = maximal
med. = medialis
prox. = proximal

3. Ergebnisse

3.1 Bewegungsumfang

Die Messung des Bewegungsumfangs beschränkt sich auf die passive Beugung, Streckung und Rotation im Kniegelenk am anatomischen Präparat. Naturgemäß ist am anatomischen Präparat der Standwinkel unbekannt*. Deshalb muß bei Beugung und Streckung der Winkel über der Kniekehle angegeben werden, während bei der Rotation nach innen und nach außen die Abweichung von der Senkrechten gemessen wurde.

Tab. 1: Ergebnisse der passiven Bewegungsmessung

Tier-Nr.	Hinterextremität	maximale		Rotation	
		Beugung	Streckung	nach innen	nach außen
K 1	links	42°	153°	28°	nicht möglich
	rechts	43°	153°	28°	nicht möglich
K 2	links	40°	150°	30°	nicht möglich
	rechts	41°	154°	29°	nicht möglich
K 3	links	41°	155°	30°	nicht möglich
	rechts	41°	154°	30°	nicht möglich
H 1	links	45°	129°	20°	10°
	rechts	45°	125°	18°	10°
H 2	links	20°	115°	3°	9°
	rechts	23°	117°	2°	10°

* Nach den Untersuchungen von REINSFELD (1932) beträgt er grundsätzlich beim Rind 130°.

Die maximale Beugung beträgt, wie aus Tabelle 1 ersichtlich, bei den drei gesunden Kontrolltieren zwischen 40 und 43 Grad. Ein nahezu gleicher Wert (45 Grad) wird auch bei der 1. "Hyäne" erreicht. Im Gegensatz dazu ist beim zweiten erkrankten Tier die Beugung bis auf 20 Grad am linken, bzw. 23 Grad am rechten Kniegelenk erweitert. Nach Absetzen der Patella und deren Bänder verkleinert sich dieser maximale Beugungswinkel um 2-4 Grad, im Fall von H 2 sogar um 6 Grad am linken bzw. 8 Grad am rechten Kniegelenk. Dann berühren sich die beiden Röhrenknochen, Os femoris und Tibia, mit ihren Kniegelenksfernen Endstücken.

Bei der maximalen Streckung ergibt die Messung bei den Kontrolltieren Werte zwischen 150 und 155 Grad. Eine deutlich geringere Streckung ist bei den beiden "Hyänen", 129/125 Grad bei H 1 bzw. 115/117 Grad bei H 2, auszuführen. Nach Entfernung der Patella ist eine Vergrößerung des Streckwinkels bei allen Gelenken um 1 bis 2 Grad zu verzeichnen. Bei größerer Kraftaufwendung lassen sich die linken Kniegelenke der beiden erkrankten Tiere auf 138 Grad (H 1) bzw. 128 Grad (H 2), die rechten Gelenke auf 139 bzw. 130 Grad strecken. Bei diesen Winkeln berühren sich die Tuberositas tibiae und der laterale Rollkamm des Os femoris, so daß eine weitere Streckung nicht möglich ist.

Desweiteren fällt bei den Bewegungsmessungen der zweiten "Hyäne" ein deutliches Schnappen mit gleichzeitiger, ruckartiger Außenrotation der Tibia auf. Dieses Schnappen

tritt beim linken Kniegelenk wesentlich deutlicher auf als beim rechten. Bei näherer Untersuchung stellt sich heraus, daß jeweils der laterale Condylus ossis femoris erst bei einem Winkel von 80 Grad mit der gesamten proximalen Fläche des lateralen Meniskus und axial mit dem Tuberculum intercondylare laterale in Kontakt kommt. Bei einem Winkel von über 80 Grad hat nur noch das abaxiale Drittel des lateralen Condylus ossis femoris mit dem abaxialen Rand des lateralen Meniskus Kontakt, während axial ein Spalt von 8 mm am linken bzw. 6 mm am rechten Kniegelenk zwischen Condylus ossis femoris und dem Tuberculum intercondylare laterale besteht. Gleichzeitig wird auch der mediale Kondylus axial gezogen, so daß er den Kontakt zum abaxialen Rand des medialen Meniskus verliert.

Auch bei der Messung der Rotation ergeben sich deutliche Unterschiede. Während bei den Gelenken der Kontrolltiere eine Rotation nach außen nicht möglich ist, ergeben sich bei den Gelenken der beiden "Hyänen" Werte von 9 - 10 Grad. Die Rotation nach innen ist an den Gelenken gesunder Tiere um 28-30 Grad auszuführen, während bei den kranken Tieren Werte von 18 und 20 Grad (H1) bzw. 3 und 2 Grad (H2) auftreten.

3.2 Beschreibung und Messung der Bänder der Articulatio femorotibialis

3.2.1 Ligamenta collateralia

3.2.1.1 Ligamentum collaterale laterale

Das laterale Seitenband ist bei allen untersuchten Gelenken, bei den gesunden und kranken, ein kräftiges Band, das am lateralen Bandhöcker des Os femoris entspringt und am Condylus lateralis tibiae, mit einigen Faserzügen auch am Caput fibulae, inseriert. Sein Ursprung am Condylus ossis femoris liegt dabei deutlich exzentrisch, mehr kranial und proximal von der Kondylusachse versetzt. Seine Faserzüge entspringen parallel und verlaufen geradlinig distal, um zum Ansatz hin leicht zu divergieren. Dabei ist das Ligamentum collaterale laterale bei allen Gelenken durch die Ursprungssehne des Musculus popliteus vom lateralen Meniskus getrennt.

Der Spannungszustand der Fasern stellt sich bei den drei Kontrolltieren so dar, daß bei einem Winkel von 130 Grad (physiologischer Standwinkel nach REINSFELD, 1932) die mittleren Faserzüge mäßig gespannt sind, während die kranialen und kaudalen Fasern lockerer sind. Mit zunehmender Streckung nimmt der Spannungszustand der kaudalen und mittleren Fasern zu, bis sie bei maximaler Streckung straff gespannt sind, während die kranialen Faserzüge locker bleiben. Bei Beugung dagegen läßt die Spannung der Fasern zunächst nach. Im Bereich von 115 bis 80 Grad ist das gesamte Band sehr locker. Bei weiter-

gehender Beugung beginnen sich zunächst die kranialen Fasern zu spannen, bis bei stärkster Beugung die kranialen Fasern sehr stark, die mittleren und kaudalen Faserzüge stark gespannt sind.

Hinsichtlich der Spannungszustände während der verschiedenen Beuge- bzw. Streckphasen finden wir bei den kranken Tieren folgende Gegebenheiten: H1 zeigt mit Ausnahme der Tatsache, daß bei ihm eine Streckung über 129 Grad nicht möglich ist, grundsätzlich die gleichen Verhältnisse wie bei den gesunden Kontrolltieren. Anders stellen sich die Verhältnisse bei H 2 dar. Bei einem Winkel von 100 Grad finden wir den gleichen Spannungszustand wie bei den Kontrolltieren bei 130 Grad, d.h. die mittleren Fasern sind mäßig gespannt, die kranialen und kaudalen locker. Bei maximaler Streckung sind alle Fasern gleichmäßig locker gespannt. Mit zunehmender Beugung nimmt die Spannung der Fasern ab. Ab einem Winkel von 90 Grad ist das Band extrem locker. Dieser Zustand der Spannungslosigkeit ändert sich auch bei maximaler Beugung nicht mehr.

Hinsichtlich der absoluten Länge der lateralen Seitenbänder ergeben sich zwischen den Kontrolltieren und den "Hyänenkühen" keine bedeutenden Unterschiede. Alle gemessenen Werte liegen im Bereich um 100 mm.

3.2.1.2 Ligamentum collaterale mediale

Das Ligamentum collaterale mediale ist ebenfalls bei allen untersuchten Gelenken ein kräftiges Band, dessen Fasern parallel am medialen Bandhöcker des Os femoris ex-

zentrisch entspringen, geradlinig distal laufen, um leicht divergierend mit den kürzeren kranialen Faserzügen am Condylus medialis tibiae und mit den längeren kaudalen Fasern bis zu 75 mm distal des Randes der Gelenkfläche des Condylus medialis am Tibiaschaft zu inserieren. Das mediale Seitenband tritt mit dem medialen Meniskus in Verbindung.

Hinsichtlich des Spannungszustandes der einzelnen Faserzüge liegen beim medialen Seitenband sowohl bei den drei Kontrolltieren, wie auch bei den beiden "Hyänen" die gleichen Verhältnisse vor wie beim lateralen Seitenband. Die medialen Seitenbänder sind länger als die lateralen, wobei die langen, kaudalen Faserzüge der medialen Seitenbänder gemessen wurden. Bei den Gelenken der drei Kontrolltiere ergaben sich Werte von 118 bis 140 mm; das mediale Seitenband des rechten Kniegelenks war immer einige Millimeter länger. Die Werte der beiden "Hyänen" lagen zwischen 110 und 120 mm. Auch hier waren immer einige Millimeter Unterschied zwischen rechtem und linkem medialen Seitenband zugunsten des rechten medialen Kollateralbandes festzustellen.

3.2.2 Ligamenta cruciata

Die Ligamenta cruciata genus sind bedeutend kräftiger als die beiden Kollateralbänder.

3.2.2.1 Ligamentum cruciatum craniale

Das Lig. cruciatum cran. entspringt bei den Kontrolltieren an der intercondylen Fläche des Condylus lateralis

ossis femoris, verläuft kraniodistal und inseriert in der Area intercondylaris centralis. Dabei wird das kraniale Kreuzband zum Ansatz hin von lateral durch das Lig. tibiale cran. meniscus lat. in zwei Schenkel geteilt. Der erste inseriert kranial zwischen Lig. tibiale cran. menisci med. und lat., der zweite Schenkel zwischen Lig. tibiale cran. menisci lat. und tibiale caud. menisci med.. Da diese Teilung aber nicht vollständig ist, bleiben die beiden Schenkel medial miteinander in Verbindung. Die gleichen Ursprungs- und Ansatzverhältnisse konnten auch bei H 1 beobachtet werden. Bei H 2 dagegen fiel auf, daß einzelne Fasern ihren Ursprung schon proximal der Gelenkfläche im axialen Drittel des Condylus lateralis ossis femoris haben.

Die Länge des kranialen Kreuzbandes beträgt sowohl bei den drei Kontrolltieren, als auch bei der ersten "Hyäne" zwischen 90 und 93 mm. Bei H 2 hingegen ist das Band mit 83 mm am rechten bzw. 88 mm am linken Kniekehlgelenk deutlich verkürzt.

3.2.2.2 Ligamentum cruciatum caudale

Das Lig. cruciatum caud. entspringt kranial in der Fossa intercondylaris zum Großteil an der interkondylen Fläche des Condylus medialis ossis femoris. Das Band zieht kaudodistal und inseriert, den Ansatz des Lig. tibiale caud. menisci med. bedeckend, in der Area intercondylaris caudalis und der Incisura poplitea der Tibia.

Gleiche Verhältnisse lagen auch bei den beiden "Hyänen" vor.

Die Länge des kaudalen Kreuzbandes beträgt bei den Kontrollgelenken 89 bis 93 mm. Bei H 1 entspricht die Länge des hinteren Kreuzbandes mit 90 mm derjenigen der Kontrolltiere, während das Band bei H 2 eine Länge von 95 mm am linken und 98 mm am rechten Kniegelenk erreicht.

3.3 Das Verhalten der Menisken

Die mandarinenscheibenförmigen, faserknorpeligen Menisken sind zum Ausgleich der Inkongruenz und als Puffer jeweils medial und lateral zwischen die Gelenkflächen des Os femoris und der Tibia eingeschaltet. Sie besitzen einen konkaven, scharfen axialen und einen konvexen, dicken abaxialen Rand.

Der Meniscus lateralis ist von proximal gesehen breiter und etwas weiter geöffnet als der Meniscus medialis. Seine Länge beträgt 61-63 mm, seine Breite kranial 20-24, zentral 24-25 und kaudal 26-28 mm. Seine Höhe nimmt von kranial (18-21 mm) über zentral (14-16mm) ab, um kaudal wieder deutlich anzusteigen (21-26mm; Einzelwerte siehe Tab.2).

Seine proximale Fläche ist entsprechend dem Condylus ossis femoris sowohl in kraniokaudaler Richtung, als auch in axial - abaxialer Richtung deutlich konkav, während seine distale Fläche kraniokaudal leicht konkav, axial - abaxial leicht konvex ist.

Bei den beiden untersuchten "Hyänen" sind die lateralen Menisken von gedrungener Form und axial fast ganz geschlossen. Die Länge beträgt zwischen 54 und 60 mm und ist damit geringer als bei den Kontrolltieren.

Hinsichtlich der Breite zeigt H1 noch die Tendenz der kaudalen Zunahme, allerdings sind die beiden lateralen Menisken insgesamt deutlich breiter (Tab. 2). Anders dagegen bei H 2. Hier kommt es beim lateralen Meniskus des rechten Kniegelenks sogar zu einer Abnahme der kaudalen

Tab. 2: Längen-, Breiten- und Höhenmaße der Menisken
in Millimeter

A: kranial; B: zentral; C: kaudal

Tier- Nr.	Hinter- extremität	Meniscus	Länge (mm)	Breite (mm)			Höhe (mm)		
				A	B	C	A	B	C
K 1	links	medialis	64	23	18	20	17	10	14
		lateralis	63	20	24	26	18	14	25
	rechts	medialis	63	21	19	23	15	10	15
		lateralis	62	20	24	26	18	16	24
K 2	links	medialis	64	22	20	22	15	13	15
		lateralis	63	23	25	27	20	14	24
	rechts	medialis	64	23	18	23	16	12	16
		lateralis	63	24	24	26	19	14	26
K 3	links	medialis	61	23	20	23	13	9	15
		lateralis	61	21	24	27	20	14	21
	rechts	medialis	60	22	19	23	13	8	13
		lateralis	62	22	25	28	21	14	21
H 1	links	medialis	62	25	25	27	16	11	14
		lateralis	60	25	30	33	18	12	29
	rechts	medialis	59	25	25	25	16	11	16
		lateralis	57	25	27	32	18	14	29
H 2	links	medialis	56	25	28	24	15	11	15
		lateralis	57	23	26	24	17	13	24
	rechts	medialis	55	24	27	22	14	9	14
		lateralis	54	30	29	28	18	14	25

Breite (Tab. 2). Die Werte für die Höhe der lateralen Menisken liegen kranial und zentral, bei H 2 auch kaudal, im Bereich der Werte der Kontrolltiere. Einzige Ausnahme bildet die kaudal deutliche Höhenzunahme der lateralen Menisken bei H 1 (Tab. 2). Betreffend der proximalen und distalen Flächen der lateralen Menisken fällt bei H 1 auf, daß die distale Fläche in kraniokaudaler Richtung stärker konkav ist. Noch deutlicher sind die Unterschiede bei H 2. Neben einer stärkeren Konkavität der kranio-kaudalen Achse, fällt vor allem die extrem starke Konvexität der distalen Fläche von axial nach abaxial auf.

Der Meniscus medialis ist kleiner als der Meniscus lateralis. Seine Länge beträgt 60-64 mm, seine Breite kranial 21-23, zentral 18-20 und kaudal 20-23 mm (Tab.2). Seine Höhe nimmt von kranial (13-17mm) zum Zentrum hin ab (8-13mm) und steigt kaudal wieder auf das kraniale Niveau an (13-16mm). Nur in einem Fall übersteigt die Höhe kaudal das kraniale Niveau (K 3, links).

Seine proximale Fläche ist weniger konkav als die des lateralen Meniskus. Die distale Fläche ist in kranio-kaudaler Achse leicht konkav bis flach, in axial - abaxialer leicht konvex.

Ebenso wie beim lateralen Meniskus sind auch die medialen Menisken der beiden "Hyänen" stärker geschlossen als bei den Kontrolltieren. Ihre Länge beträgt 55-62 mm und ist damit, vor allem bei H 2, deutlich kürzer als bei den gesunden Tieren. Die Breite ist bei den beiden "Hyänen"

sowohl kranial und zentral, als auch kaudal größer (Tab.2), während die Höhe mit der der Kontrolltiere gut übereinstimmt.

Die Gestalt der proximalen und distalen Fläche der medialen Menisken der kranken Tiere zeigt keine Unterschiede zu den gesunden Tieren.

Die Menisken sind mit der Tibia durch die kranialen (Ligg. tibiale cran. menisci lat. bzw. med.) und kaudalen (Ligg. tibiale caud. menisci lat. bzw. med.) Meniskenbändern befestigt.

Die kranialen Meniskenbänder verlaufen vom kranialen Winkel des entsprechenden Meniskus und inserieren kranial des Lig. cruciatum craniale in der lateralen bzw. medialen Area intercondylaris cranialis. Die kaudalen Meniskenbänder entspringen am kaudalen Winkel des jeweiligen Meniskus und inserieren im Falle des medialen Meniskus in der Area intercondylaris caudalis und im Falle des lateralen Meniskus kraniolateral vom Ansatz des Lig. cruciatum caudale an der Incisura poplitea tibiae. Zusätzlich verläuft vom kaudalen Winkel des lateralen Meniskus das Lig. meniscofemorale zur intercondylen Fläche des Condylus medialis ossis femoris.

Diese bei den drei Kontrolltieren existenten Bandansätze konnten auch bei den "Hyänen" beobachtet werden.

Das Verhalten der Menisken und deren Bänder während verschiedener Beuge- und Streckphasen stellt sich wie folgt dar: Bei einem Winkel von 130 Grad (sogen. Standwinkel) schließt bei den gesunden Kontrolltieren der

laterale Meniskus kranial mit dem Rand des Sulcus extensorius ab und liegt der Gelenkfläche der Tibia schlüssig auf. Kaudal hebt der Meniskus 5-6 mm von der Gelenkfläche ab und hat zum kaudalen Rand des Condylus lateralis tibiae einen Abstand von 25-30 mm. Der mediale Meniskus liegt sowohl kranial als auch kaudal der Gelenkfläche der Tibia schlüssig an. Zum kranialen Knochenrand hat der mediale Meniskus einen Abstand von 4-7 mm, zum kaudalen einen solchen von 7-11 mm.

Die lateralen Menisken der beiden "Hyänen" zeigen die gleichen Verhältnisse wie die der Kontrolltiere. Die Menisken heben sich kaudal 5 mm ab und halten einen 28-32 mm breiten Abstand vom kaudalen Knochenrand. Die medialen Menisken schließen dagegen kranial mit dem Rand der Facies articularis des Condylus medialis tibiae ab, ihr kaudaler Abstand beträgt 13-16 mm.

Während des Beugevorgangs gleiten bei gesunden Tieren die Menisken auf den Gelenkflächen der Tibia kaudal und ändern ihre Form. Dabei spannen sich vor allem die kranialen Meniskenbänder, während die kaudalen Bänder eher lockerer sind.

Bei maximaler Beugung legt sich der laterale Meniskus auch kaudal der Gelenkfläche der Tibia an. Sein Abstand zum kaudalen Rand des Condylus lateralis tibiae beträgt 10-13 mm. Die dabei vom lateralen Meniskus in kaudaler Richtung zurückgelegte Strecke beträgt 14-18 mm (Tab. 3/A). Sein Abstand zum kranialen Rand des Condylus lat. tibiae beträgt jetzt 11-15 mm. Der kraniale Meniskusrand

gleitet 11-15 mm in kaudale Richtung (Tab. 3/ D).

Der mediale Meniskus liegt bei gesunden Tieren unter maximaler Beugung des Kniegelenks sowohl kranial als auch kaudal dem Condylus med. tibiae an. Sein kaudaler Abstand zum Knochenrand beträgt 0-3 mm, sein kranialer Abstand 11-13 mm. Die sich daraus ergebende Gleitstrecke beträgt kaudal 7-9 mm (Tab.3/ A) und kranial 6-9 mm (Tab.3/ D). Dabei fällt auf, daß die kraniale und kaudale Gleitstrecke entweder gleich lang ist oder die kraniale Strecke um 1 - 3 mm kürzer ist. Nur in einem Fall (K2, links) ist die kraniale Gleitstrecke länger als die kaudale (2 mm).

Bei den beiden "Hyänen" verhalten sich die Bänder während der Beugung gleichartig wie bei den untersuchten Kontrollgelenken. Die lateralen Menisken gleiten kaudal, legen sich bei H 1 kranial und kaudal der Gelenkfläche schlüssig an, während H 2 kranio-lateral bis zur Hälfte der Meniskenscheibe den Kontakt mit der Gelenkfläche verliert. Gleichzeitig ragen die lateralen Menisken kaudomedial in die Incisura poplitea hinein. Ihr Abstand zum kaudalen Rand des Condylus lat. tibiae beträgt bei H 1 15 mm bzw. bei H 2 17 mm. Die während der Beugung in kaudaler Richtung zurückgelegte Strecke beträgt 13-15 mm und liegt damit annähernd im Bereich der Werte für die Kontrolltiere. Ihr kranialer Abstand zum Knochenrand beträgt bei H1 am linken Kniegelenk 11 mm, am rechten Kniegelenk 12 mm, bei H2 19 bzw. 17 mm.

Die kranial zurückgelegte Strecke liegt bei H1 mit 11 mm

links bzw. 12 mm rechts im Bereich der Kontrollwerte, während diese bei H2 mit 23 mm am linken bzw. 21 mm am rechten Kniegelenk deutlich überschritten werden. Daraus folgt, daß bei H2 im Gegensatz zu allen anderen Gelenken der kraniale Meniskusrand eine deutlich längere Gleitstrecke zurücklegt als der kaudale.

Die medialen Menisken der "Hyänen" liegen bei maximaler Beugung sowohl kranial wie auch kaudal schlüssig der Gelenkfläche der Tibia an. Ihr kaudaler Abstand zum Knochenrand beträgt 6-8 mm, ihr kranialer 4 bzw. 6 mm bei H1 und 11 bzw. 13 mm bei H2. Die bei der Beugung zurückgelegte Strecke beträgt am kaudalen Meniskusrand (Tab.3/ A) bei H1 8 mm am linken und 10 mm am rechten, bei H2 3 mm am linken bzw. 7 mm am rechten Kniegelenk. Der kraniale Meniskusrand (Tab.3/ D) gleitet bei H1 links 4mm und rechts 6 mm, bei H2 links 7 mm und rechts 6 mm. Auch hier sind, ähnlich wie bei den Kontrolltieren, die kranial und kaudal zurückgelegten Strecken entweder gleich lang (H2 rechts) oder die kraniale Strecke ist 2-4 mm kürzer.

Bei der Streckung gleiten die Menisken auf der Gelenkfläche der Tibia kranial, wobei die kaudalen Meniskusbänder besonders straff sind. Bei maximaler Streckung ragt der laterale Meniskus kranial 3-4 mm in den Sulcus extensorius hinein. Kaudal hebt der Meniskus, bedingt durch das Lig. meniscomemorale, noch deutlicher von der Gelenkfläche der Tibia ab. Sein Abstand zum kaudalen Rand

Tab.3: Gleitstrecke der Menisken während Beugung und Streckung in mm.

A-C: gemessen am kaudalen Meniskusrand

D-F: gemessen am kranialen Meniskusrand

A: Gleitstrecke zwischen 130 Grad und maximaler Beugung

B: Gleitstrecke zwischen maximaler Streckung und maximaler Beugung

C: Gleitstrecke zwischen 130 Grad und maximaler Streckung

D: Gleitstrecke zwischen 130 Grad und maximaler Beugung

E: Gleitstrecke zwischen maximaler Streckung und maximaler Beugung

F: Gleitstrecke zwischen 130 Grad und maximaler Streckung

Tier-Nr.	Hinterextr.	Meniscus	Messstrecke (in mm)					
			A	B	C	D	E	F
K 1	links	medialis	7	8	1	6	13	7
		lateralis	15	20	5	11	14	3
	rechts	medialis	8	9	1	8	13	5
		lateralis	14	23	9	12	16	4
K 2	links	medialis	5	8	3	7	11	4
		lateralis	17	28	11	13	16	3
	rechts	medialis	9	9	0	9	13	4
		lateralis	18	28	10	13	16	3
K 3	links	medialis	9	12	3	7	11	4
		lateralis	16	27	11	14	17	3
	rechts	medialis	9	11	2	6	13	7
		lateralis	18	27	9	15	19	4
H 1	links	medialis	8	8	0	4	4	0
		lateralis	15	15	0	11	11	0
	rechts	medialis	10	10	0	6	6	0
		lateralis	13	13	0	12	12	0
H 2	links	medialis	8	8	0	6	6	0
		lateralis	15	15	0	23	23	0
	rechts	medialis	7	7	0	7	7	0
		lateralis	15	15	0	21	21	0

des Condylus lat. tibiae liegt zwischen 36 und 40 mm. Die dabei bis zur maximalen Streckung zurückgelegte Strecke beträgt am kaudalen Meniskusrand 5-11 mm (Tab.3/ C), am kranialen 3-4 mm (Tab.3/ F). Die kranial gemessene Strecke ist bei den drei Kontrolltieren immer deutlich kürzer als die kaudal gemessene.

Der mediale Meniskus schließt bei maximaler Streckung an allen Kontrollgelenken kranial mit dem Rand des Condylus med. tibiae ab. Der kaudale Abstand zum Knochenrand beträgt 10-13 mm. Daraus ergeben sich Gleitstrecken am kaudalen Meniskusrand gemessen von 1-3 mm (Tab.3/ C) und am kranialen von 4-7 mm (Tab.3/ F). Im Gegensatz zum lateralen Meniskus ist die kaudal gemessene Gleitstrecke immer kürzer als die kraniale.

Bei den beiden "Hyänen" fehlt die Möglichkeit einer maximalen Streckung. Folglich liegen die gleichen Verhältnisse vor, wie sie bei einem Winkel von 130 Grad beschrieben wurden. Die Menisken können nicht weiter in kranialer Richtung gleiten, so daß die Strecken D und E, sowie A und B übereinstimmen und folglich die Differenzen C und F Null betragen (Tab.3).

3.4 Patella

Die breite Basis patellae verjüngt sich bei allen untersuchten Kniescheiben in gleicher Weise zur spitzen Apex patellae. Die Facies articularis wird durch einen sagittalen Kamm in einen medialen und lateralen Teil getrennt, wobei der mediale Anteil eine mehr dreieckige Form, der laterale Anteil eine langgezogene, fast rechteckige Form besitzt. Der mediale Anteil läßt eine proximodistal leicht konkave, lateromedial deutlich konkave Gelenkfläche erkennen. Die Gelenkfläche des lateralen Anteils fällt vom sagittalen Kamm ausgehend lateral gleichmäßig ab, während die Gelenkfläche proximodistal in Höhe der Basis patellae leicht konkav, an der Apex patellae leicht konvex gestaltet ist.

Medial an der Basis patellae und weiterreichend bis zum Übergang des mittleren zum distalen Drittels der Patella setzt der Fibrocartilago parapatellaris an.

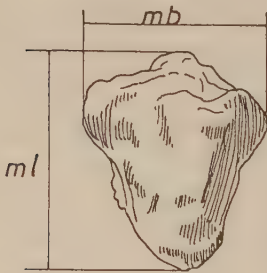


Abb.3 A
Abb.3 A: Facies cranialis der Patella
ml: max. Länge ; mb: max. Breite



Abb.3 B: Patella von medial
mh: max. Höhe

Tab.4: Kniescheibenmaße in mm

Tier-Nr.	Hinter-extremität	max. Länge (in mm)	max. Breite (in mm)	max. Höhe (in mm)
K 1	links	71	61	49
	rechts	70	62	48
K 2	links	67	58	46
	rechts	65	57	46
K 3	links	76	69	49
	rechts	76	70	48
H 1	links	68	57	48
	rechts	67	57	47
H 2	links	73	59	46
	rechts	74	60	43

Die Facies cranialis der Patella ist proximomedial deutlich vorgewölbt.

Die maximale Länge beträgt bei den Kontrolltieren 65-76 mm, die maximale Breite 57-70 mm und die maximale Höhe 46-49 mm (Tab.4).

Zum Unterschied zu den Kniescheiben der Kontrolltiere ist bei den beiden "Hyänen" die Facies articularis verändert. Bei H1 ist der mediale Anteil lateromedial stärker konkav und bei H2 der sagittale Kamm im Bereich des Übergangs vom mittleren zum distalen Drittel der Patella leicht konkav gestaltet. Bezüglich der Länge, Breite und Höhe ergeben sich bei den erkrankten Tieren keine Besonderheiten (Tab.4).

Die Kniescheibenbänder, Ligg. patellae, entspringen bei allen untersuchten Tieren in etwa gleicher Höhe, nämlich medial am Fibrocartilago parapatellaris, axial und lateral an der Facies cranialis der Patella. Die Bänder konvergieren distal. Das stärkste dieser drei Bänder, das Lig. patellae intermedium, inseriert am Margo cranialis tibiae. Medial seiner Ansatzstelle heftet sich das Lig. patellae mediale an der Tibia an. Das schwächste der drei Bänder, das Lig. patellae laterale, verbindet sich mit der Endsehne des M. glutaebiceps und inseriert, zu einem kleinen Teil vom Lig. patellae intermedium bedeckt, proximal am Margo cranialis tibiae.

Hinsichtlich der Ursprungsverhältnisse fallen bei den beiden "Hyänen" keine Besonderheiten auf. Beim Ansatzverhalten bemerkt man, daß das Lig. patellae laterale mehr kaudal vom Lig. patellae intermedium an der offensichtlich zweigeteilten Tuberositas tibiae inseriert und somit stärker von diesem bedeckt wird.

Zur seitlichen Fixation besitzt die Kniescheibe als Bestandteil des Retinaculum patellae sowohl ein laterales wie auch mediales Lig. femoropatellare. Beide Bänder sind bedeutend schwächer als die Ligg. patellae. Das Lig. femoropatellare laterale entspringt lateral an der Basis patellae und inseriert am Condylus lat. ossis femoris in unmittelbarer Nähe des lateralen Bandhöckers. Das Lig. femoropatellare mediale entspringt in gleicher Höhe am Ansatzknorpel und heftet sich, bei allen untersuchten Gelenken 35-40 mm vom medialen Bandhöcker entfernt, an den Condylus med. ossis femoris an.

3.5 Untersuchung der Gelenkknorpeldicke

3.5.1 *Facies articularis patellae*

Die Knorpeldicke ist an der *Facies articularis patellae* gemäß Abb.4 (A, B, C) gemessen worden: Medial (A) liegt die Knorpeldicke bei den drei Kontrolltieren zwischen 1,8 und 2,2 mm, zentral (B) zwischen 1,5 und 2,0 mm und lateral (C) zwischen 1,8 und 2,5 mm. Dabei ist, mit Ausnahme der linken Kniescheibe von K3, immer eine, wenn auch zum Teil nur geringe, randständige Knorpeldickenzunahme zu beobachten. Bei den beiden "Hyänen" differiert die Knorpeldicke medial, wo die Knorpelstärke mit 1,1 bis 1,8 mm zum Teil deutlich unter den Werten der Kontrolltiere liegt, und bei H2 auch zentral, wo die Werte nur 1,1 bzw. 1,3 mm erreichen. Die Tendenz der randständigen Knorpeldickenzunahme bleibt allerdings, mit Ausnahme an der linken Patella von H1, bestehen.



Abb.4: Meßpunkte für die Gelenkknorpeldicke
an der *Facies articularis patellae*
A: medial; B: zentral; C: lateral

Tab.5: Gelenkknorpeldicke in mm
an der Facies articularis patellae

Tier-Nr.	Hinterextr.	Punkt A (mm)	Punkt B (mm)	Punkt C (mm)
K 1	links	2,0	1,5	1,9
	rechts	1,8	1,7	1,8
K 2	links	1,8	1,6	1,9
	rechts	1,9	1,8	1,8
K 3	links	1,8	2,0	1,9
	rechts	2,2	2,0	2,5
H 1	links	1,1	2,0	2,0
	rechts	1,8	1,6	2,0
H 2	links	1,5	1,1	1,8
	rechts	1,4	1,3	1,8

3.5.2 Trochlea ossis femoris

Zentral, d.h. in der Mitte zwischen den beiden Rollkäm-
men (Abb.5/ B) liegt die Knorpeldicke bei den drei
Kontrolltieren zwischen 1,6 und 2,0 mm. Proximal (Abb.5/
D) nimmt die Knorpeldicke mit 0,9 - 1,5mm deutlicher ab
als distal (Abb.5/ E) mit 1,4 - 1,7 mm. Auf dem lateralen
Rollkamm (Abb.5/ A) beträgt die Knorpeldicke 1,0 - 1,3 mm,
auf dem medialen Rollkamm (Abb.5/ C) 0,9 - 1,1 mm. Die
Knorpeldicke nimmt also, ausgehend von Punkt B, peripher
deutlich ab. Damit liegen an der insgesamt konvexen
Trochlea ossis femoris genau die umgekehrten Verhältnisse
vor wie an der insgesamt konkaven Facies articularis
patellae.

Deutliche Unterschiede ergeben sich bei den beiden "Hyänen". Bei ihnen ist zentral und distal (Abb.5/ B, E) zwischen den beiden Rollkämmen der Gelenkknorpel so reduziert, daß er zum Teil nicht messbar ist, oder nur Werte von nur 0,1-0,3 mm erreicht; damit ist die Knorpelschicht um 1,0-1,9mm dünner als bei den Kontrolltieren. Proximal erreicht die Knorpeldicke bei H1 mit 1,0-1,5 mm wieder Normwerte, während sie bei H2 mit 0,6-0,7mm etwas darunter bleibt. Medial steigt die Knorpeldicke bei den "Hyänen" wieder an; sie liegt bei H1 mit 0,9 mm im Bereich der Kontrollwerte, während sie bei H2 mit 0,4 bzw. 0,7 mm darunter bleibt. Auch lateral ist der Gelenkknorpel stärker und liegt mit 1,1-1,6 mm nur am linken Os femoris über den Vergleichswerten.

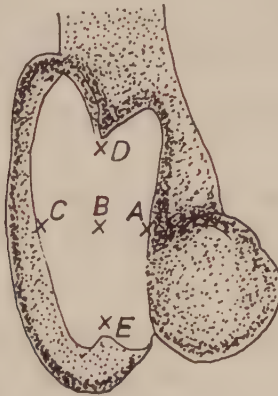


Abb.5: Meßpunkte der Gelenkknorpeldicke
auf der Trochlea ossis femoris
A: lateral; B: zentral; C: medial
D: proximal; E: distal

Tab.6: Ergebnisse der Gelenkknorpeldickenmessung in mm
an der Trochlea ossis femoris
A: lateral; B: zentral; C: medial
D: proximal; E: distal; (Abb.5)

Tier-	Hinter-	Trochlea ossis femoris				
Nr.	extr.	A	B	C	D	E
K 1	links	1,1	1,8	1,1	1,1	1,6
	rechts	1,3	2,0	1,0	0,9	1,5
K 2	links	1,0	1,6	1,0	0,9	1,6
	rechts	1,3	1,8	1,0	1,5	1,7
K 3	links	1,1	1,8	1,0	1,0	1,4
	rechts	1,0	1,7	0,9	0,9	1,3
H 1	links	1,6	0,1	0,9	1,5	0,2
	rechts	1,2	0,2	0,9	1,0	0,3
H 2	links	1,1	0,2	0,4	0,7	-
	rechts	1,2	-	0,7	0,6	-

3.5.3 Condylus lateralis et medialis ossis femoris

Der Knorpelüberzug ist sowohl am Condylus lat. als auch am Condylus med. axial (Abb.6/ A) mit 1,5-2,2 bzw. 1,4-2,2 mm am stärksten. Über zentral und abaxial nimmt die Knorpeldicke ab; Am Condylus lat. werden zentral (Abb.6/ B) Werte von 0,9-1,0, abaxial (Abb.6/ C) solche von 0,6-0,8, beim Condylus med. zentral 0,9-1,5 und abaxial 0,4-0,8 mm erreicht. Am Condylus lat. sinkt die Knorpelstärke kranial (Abb.6/ D) auf 0,4-0,8 mm, kaudal (Abb.6/ E) auf

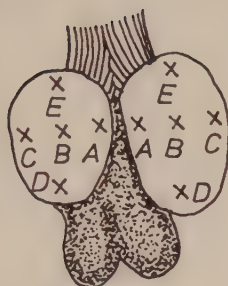


Abb.6: Meßpunkte für die Gelenkknorpeldicke
am Condylus lat. et med. ossis femoris
A: axial; B: zentral; C: abaxial
D: kranial; E: kaudal

0,3-1,0 mm ab. Dabei ist in nur einem Fall die Knorpeldicke kaudal größer als zentral. Am Condylus med. stellen sich die Verhältnisse individuell variabler dar. Während die Knorpelstärke kranial bei 4 Gelenken gleich bleibt, steigt sie in jeweils einem Fall um 0,1mm an bzw. sinkt um 0,5mm ab. Kaudal bleibt sie an 3 Gelenken gleich, während sie in 2 Fällen absinkt und bei einem Gelenk um 0,4 mm ansteigt.

Die grundsätzlich gleichen Verhältnisse liegen auch bei der ersten "Hyäne" (H1) vor, wenn auch zum Teil die Werte der Vergleichsmessungen um 0,1 mm unter- oder überschritten werden. Einzige Ausnahme bildet der axiale Messpunkt (A) des Condylus medialis des rechten Kniegelenks von H1. Hier liegt die Knorpeldicke mit 3,0 mm deutlich über den entsprechenden Werten der Kontrolltiere. Bei der zweiten "Hyäne" (H2) bestehen Unterschiede vor allem axial (A) und zentral (B) des Condylus lateralis, weil die Knorpel-

Tab.7: Ergebnisse der Gelenkknorpeldickenmessung in mm
am Condylus lateralis et medialis ossis femoris
A: axial; B: zentral; C: abaxial;
D: cranial; E: caudal; (Abb.6)

Tier- Nr.	Hinter- extr.	Condylus lateralis					Condylus medialis				
		A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
K 1	links	1,5	0,9	0,6	0,6	0,7	1,7	1,1	0,7	1,1	0,9
	rechts	1,8	0,9	0,6	0,4	0,5	1,4	0,9	0,4	0,9	0,9
	links	1,6	0,9	0,8	0,6	1,0	1,7	1,0	0,6	1,0	1,0
K 2	rechts	1,9	1,0	0,6	0,4	0,5	2,2	1,5	0,6	1,0	1,1
	links	1,7	1,0	0,8	0,8	0,8	1,4	1,0	0,7	1,1	1,4
	rechts	2,2	1,0	0,7	0,6	0,3	1,5	1,0	0,8	1,0	1,0
H 1	links	2,0	1,1	0,7	0,4	0,6	1,8	1,4	0,9	0,8	0,9
	rechts	1,7	0,8	0,9	0,9	0,8	3,0	1,5	0,7	0,8	1,0
	links	0,8	0,5	0,6	0,8	0,9	1,7	1,0	1,1	0,8	0,8
H 2	rechts	0,9	0,6	1,0	0,7	0,8	2,0	1,0	1,0	0,9	0,8

dicke deutlich unter der der Kontrolltiere bleibt Abaxial (C) am Condylus medialis liegt die Knorpelstärke mit 1,1 bzw. 1,0 mm geringfügig über den Kontrollwerten, während alle anderen Ergebnisse mit denen der Kontrolltiere übereinstimmen.

3.5.4 Condylus lateralis et medialis tibiae

Der stärkste Knorpelüberzug befindet sich sowohl am Condylus lat. als auch am Condylus med. tibiae im Zentrum der jeweiligen Gelenkfläche, d. h. am Fuße des Tuberculum intercondylare lat. bzw. med. (Abb.7/ B) und damit im Bereich der scharfen Ränder der Menisken. Dabei beträgt die Knorpeldicke am Condylus lat. 1,0-2,3mm, am Condylus med. 1,9-2,7mm. Axial und damit schon auf dem Tuberculum



Abb.7: Meßpunkte für die Gelenkknorpeldicke
am Condylus lat. et med. tibiae
A: axial; B: zentral; C: abaxial
D: kranial; E: kaudal

intercondylare laterale bzw. mediale (Abb.7/ A) verjüngt sich der Knorpel auf 0,3-0,7 bzw. 0,6-0,9 mm. Ebenso ist zum abaxialen Rand (Abb.7/ C) eine Abnahme der Knorpeldicke auf 0,1-0,6 bzw. 0,9-1,3 mm zu verzeichnen. Kranial (Abb.7/ D) und kaudal (Abb.7/ E) verdünnt sich der Knorpelüberzug gleichfalls (Tab.8).

Anders liegen die Verhältnisse bei den beiden "Hyänen". Während bei H1 zentral (B) die Knorpeldicke mit 2,5 bzw. 2,1 mm annähernd im Bereich der bei den Kontrolltiere gemessenen Werte liegt, unterschreitet sie diese bei H2 (0,4 bzw. 0,2 mm) deutlich. Am Condylus lateralis fällt der Knorpelüberzug axial bei H1 ab, bei H2 steigt er an. Dabei bleibt er aber in beiden Fällen deutlich über den Kontrollwerten (Tab. 8: Condylus lat./ A). Sowohl abaxial (Tab. 8: Condylus lat./ C), als auch kranial (Tab. 8: Condylus lat./ D) liegen die Ergebnisse zum Teil erheblich über den Vergleichswerten, während sie kaudal (Tab. 8: Condylus lat./ E) diesen Vergleichswerten entsprechen. Am Condylus medialis ergeben sich axial (Tab. 8: Condylus med. / A) deutliche Unterschiede mit einer Zunahme der Knorpeldicke auf 1,0-1,8 mm, kranial (Tab. 8: Condylus med. / D) bis auf 1,7 mm und kaudal (Tab. 8: Condylus med. / E) mit einer geringfügigen Zunahme der Knorpeldicke bis auf 1,0 mm.

3.6 Untersuchung am Os femoris und an der Tibia

3.6.1 Os femoris

Das Caput ossis femoris besitzt bei allen untersuchten Knochen, auch der beiden "Hyänen", eine maximale Breite (Abb. 8/ tc) von 57 bis 61 mm (Tab.9). Der Trochanter major überragt mit seinem freien Rand das Caput ossis femoris bei allen Kontrolltieren sehr deutlich um 30-43 mm (Tab. 9/ Diff. ml und mlc). Die maximale Breite des proximalen Endstücks (Abb. 8/ bp) beträgt zwischen 141 und 157 mm.

Die allgemeingültige Beschreibung des proximalen Endstücks des Rinderfemur trifft auch für die beiden "Hyänen" zu. Unterschiede ergeben sich bei H1 in einer geringeren Differenz (18 bzw. 23 mm) zwischen der maximalen Länge (Tab.9/ ml) und der maximalen Länge bis zum Caput ossis femoris (Tab.9/ mlc) und bei H2 in der mit 133 bzw. 134 mm etwas geringeren Gesamtbreite des proximalen Endstücks.

Das kräftig gebaute Mittelstück mit ovalem Querschnitt besitzt einen Minimalumfang von 153-159 mm (Tab.9/ mu). Der minimale Durchmesser liegt latero-medial gemessen (Tab. 9/ md, l-m) bei 44-47 mm und kranio-kaudal (Tab.9/ md, c-c) bei 51-54 mm.

Das Mittelstück des Os femoris der beiden "Hyänen" ist deutlich schwächer gebaut. Der minimale Umfang beträgt nur 145 bzw. 146 mm bei H1 und 141 bzw. 142 mm bei H2 und liegt damit erheblich unter den bei den Kontrolltieren gemessenen Werten. Während der minimale latero-laterale

Schaftdurchmesser bei den beiden "Hyänen" mit 44-46 mm keine Besonderheit zeigt, ist der kranio-kaudale Durchmesser mit 42-49 mm deutlich kleiner. Daraus folgt auch, daß der Querschnitt des Femurschaftes im Gegensatz zu dem gesunder Tiere, besonders bei H2, fast rund ist.

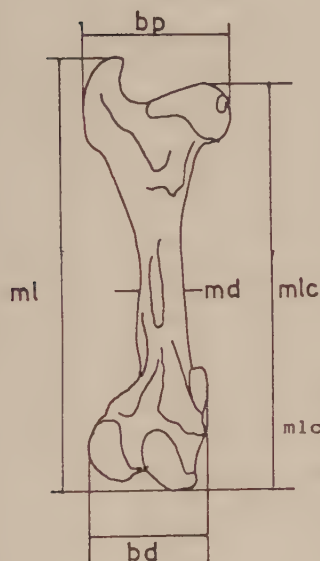


Abb. 8: Meßstrecken am Os femoris
ml: max. Länge; bp: Breite prox.
mlc: max. Länge bis Caput ossis femoris
bd: Breite dist.; md: minimaler
Diaphysendurchmesser, l-m: latero-
medial, c-c: kranio-kaudal
tc: Tiefe des Caput ossis femoris

Das distale Endstück des Os femoris besitzt deutlich voneinander abgesetzte Gelenkflächen. Die Trochlea ossis femoris dient der Verbindung mit der Kniescheibe und besitzt zwei Rollkämme, die durch eine Rollfurche getrennt sind.

Der mediale Rollkamm hat eine Länge von 135-155 mm und ist wesentlich stärker entwickelt als der laterale. Er

Tab. 9: Ergebnisse der Messungen am Os femoris
 ml: max. Länge; bp: Breite prox.; bd: Breite dist.;
 mu: minimaler Diaphysenumfang; md: minimaler Diaphysen-
 durchmesser, l-m: latero-medial, c-c: kranio-kaudal
 mlc: max. Länge bis Caput ossis femoris
 tc: Tiefe des Caput ossis femoris

Tier- Nr.	Hinter- extr.	ml	bp	bd	mu	md		mlc	tc
						l-m	c-c		
K 1	links	420	145	124	158	47	54	377	59
	rechts	420	146	122	159	47	54	383	58
K 2	links	400	141	112	153	44	52	368	58
	rechts	400	142	116	155	44	52	370	58
K 3	links	450	157	123	154	44	52	416	61
	rechts	450	150	120	155	44	51	413	61
H 1	links	380	143	112	145	45	49	357	61
	rechts	373	148	118	146	46	47	355	59
H 2	links	322	133	121	141	44	42	276	60
	rechts	324	134	117	142	44	44	283	57

wird von distal nach proximal stetig höher und breiter und überragt den lateralen Rollkamm proximal um 20-25 mm.

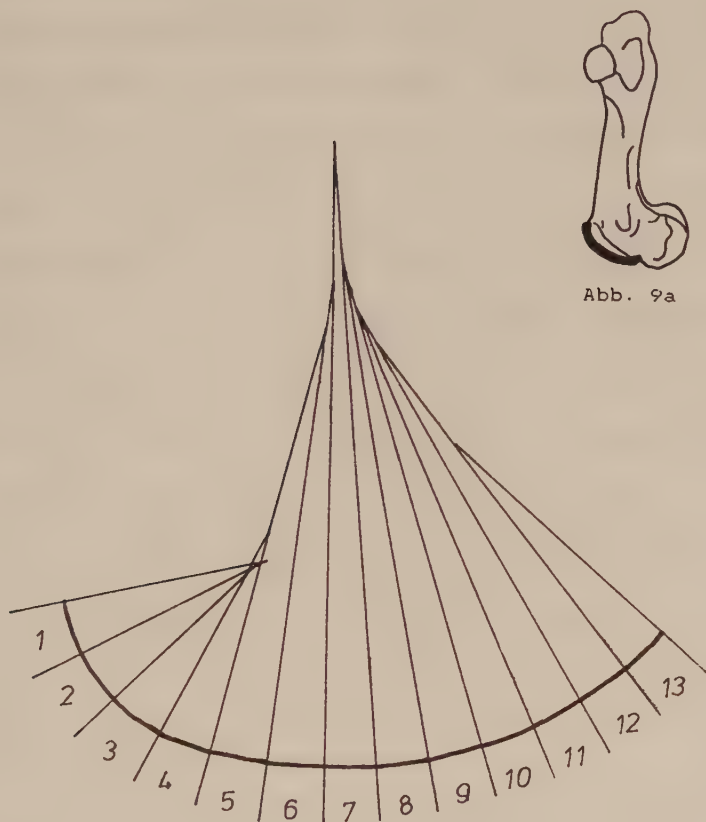


Abb. 9a

Abb.9: Schnittprofil des medialen Rollkamms der Kontrolltiere
1-13: Kreissektoren mit unterschiedlichen Krümmungsradien,
die Nummerierung erfolgt proximodistal

Abb. 9a: Topographische Skizze

Das Krümmungsverhältnis am medialen Rollkamm ist in Abb.9 dargestellt. Die Krümmungsstrecke ist dabei in gleichlange (10 mm) Kreissektoren unterteilt (siehe auch Tab.10). Beim ersten Kreissektor ergibt sich bei den 3 Kontrolltieren im Mittel ein Radius von 38,66 mm bei einem dazugehörigen Zentriwinkel von 15 Grad. Distal nimmt der Radius bis zum 3. Kreissektor der Rollenoberfläche auf 33,83 mm über einem Zentriwinkel von 18 Grad ab. Im Anschluß daran steigt der Radius bis zum 7. Kreissektor stetig an und erreicht 117,50 mm mit einem dazugehörigen Zentriwinkel von 4 Grad. Weiter distal nimmt die Krümmung des Schnittprofils wieder zu und damit der Radius ab. Er erreicht im 13. Kreissektor einen Wert von 52 mm, wobei er einen Zentriwinkel von 11 Grad bestreicht. Der laterale Rollkamm ist mit 95-135 mm deutlich kürzer als der mediale. Er besitzt eine lateral steil abfallende scharfe Kante, die sich proximal leicht verdickt. Distal überragt er den medialen Rollkamm stets um einige Millimeter.

Das Krümmungsverhalten des lateralen Rollkamms (siehe Abb. 10 und Tab.10) unterscheidet sich deutlich von dem des medialen. Proximal beginnt der laterale Rollkamm mit einem Radius von 42,83 mm. Der dazugehörige Kreisbogen überspannt dabei einen Zentriwinkel von 13 Grad. Der 2. Kreissektor bestreicht einen Zentriwinkel von 16 Grad mit einem Radius von 36,33 mm. Anschließend nimmt dann der Radius bis zum 5. Kreissektor zu. Dabei erreicht er einen Wert von 83,33 mm mit einem Zentriwinkel von 8 Grad. Dann

sinkt der Krümmungsradius wieder bis auf 34,66 mm im 8. Kreissektor ab. Der in diesem Kreissektor bestrichene Zentriwinkel beträgt 17 Grad. Distal erfolgt wiederum ein Anstieg des Krümmungsradius auf 37,80 mm über einem Zentriwinkel von 15 Grad im 9. Kreissektor und weiter auf 66,80 mm über einem Zentriwinkel von 9 Grad im 10. Kreissektor.



Abb.10: Schnittprofil des lateralen Rollkamms der Kontrolltiere
1-10: Kreissektoren mit unterschiedlichen Krümmungsradien,
die Nummerierung erfolgt proximodistal

Ein Vergleich der Krümmungsverhältnisse vom lateralen mit dem medialen Rollkamm macht deutlich, daß in den beiden ersten Kreissektoren annähernd gleiche Verhältnisse vorliegen. Beide Rollkämme haben in gleicher Weise ihren größten Krümmungsradius im mittleren Abschnitt, wobei jedoch die Rollenoberfläche des lateralen Rollkamms eine stärkere Krümmung aufweist. Während jedoch der Krümmungsradius des medialen Rollkamms distal ständig abnimmt, kommt es am lateralen Rollkamm bei zunächst stärkerer Krümmung distal zu einem erneuten Anstieg des Krümmungsradius, wobei der Radius des letzten Kreissektors des lateralen Rollkamms sogar über dem des medialen Rollkamms liegt.

Die Trochlea ossis femoris der beiden "Hyänen" unterscheidet sich in der Form meßbar von derjenigen der Kontrolltiere. Untereinander sind sie sich jedoch ähnlich, weshalb sie gemeinsam dargestellt werden.

Der mediale Rollkamm der beiden "Hyänen" hat eine Länge von 120-135 mm und ist damit kürzer als bei den Kontrolltieren. Er wird ebenfalls proximal stetig höher und breiter, überragt den lateralen Rollkamm proximal jedoch nicht so deutlich wie es bei den Vergleichstieren der Fall ist.

Der Krümmungsradius des 1. Kreissektors beträgt 40,50 mm, wobei er einen Zentriwinkel von 15 Grad bestreicht. Zum 2. Kreissektor kommt es zu einem deutlichen Abfall des Krümmungsradius auf 27,75 mm. Der dazugehörige Zentriwinkel beträgt 21 Grad. Im Gegensatz zu den Kontroll-

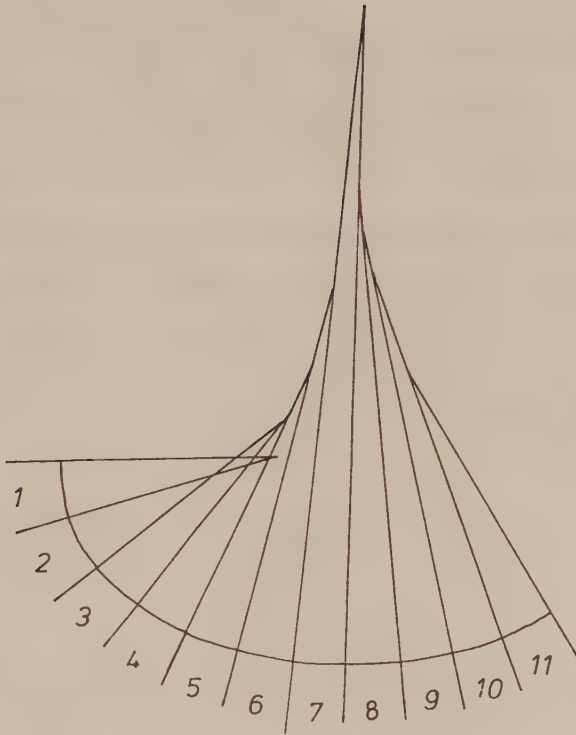


Abb. 11: Schnittprofil des medialen Rollkamms der
beiden "Hyänen"
1-11: Kreissektoren mit unterschiedlichen
Krümmungsradien,
die Nummerierung erfolgt proximodistal

tieren kommt es bei den beiden "Hyänen" schon ab dem 3. Kreissektor zu einer Zunahme des Krümmungsradius, wobei im 5. und 6. Kreissektor die Radien erheblich unter denen der Vergleichstiere liegen. Seinen größten Radius erreicht der mediale Rollkamm bei beiden "Hyänen" mit 124,50 mm und dem entsprechenden Zentriwinkel von 4 Grad ebenso wie bei den Kontrolltieren im 7. Kreissektor.

Distal nimmt auch bei den beiden erkrankten Tieren der Krümmungsradius ab. Dabei ist der Radius im 11. und letzten Kreissektor mit 52,33 mm und dem dazugehörigen Zentriwinkel von 11 Grad fast identisch mit dem der Vergleichstiere.

Der laterale Rollkamm hat eine Länge von 105-115 mm und liegt damit im Bereich der Kontrollwerte. Ebenso wie bei den Kontrolltieren fällt auch hier der Rollkamm lateral steil ab und überragt den medialen Rollkamm distal um einige Millimeter.

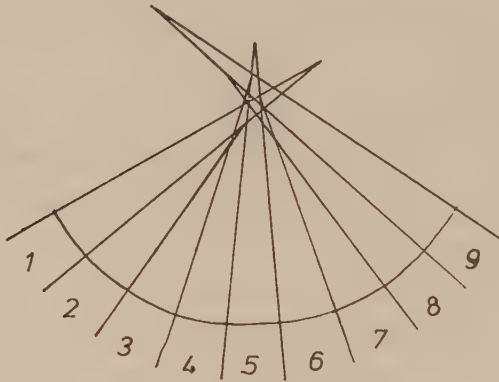


Abb.12: Schnittprofil des lateralen Rollkamms der beiden Hyänen
1-9: Kreissektoren mit unterschiedlichen Krümmungsradien,
die Nummerierung erfolgt von proximodistal

Das Schnittprofil des lateralen Rollkamms beginnt im 1. Kreissektor mit einem Radius von 58,00 mm und einem entsprechenden Zentriwinkel von 10 Grad. Damit liegt der Radius wesentlich über dem Wert der Kontrollmessung.

Tab. 10: Krümmungsverhalten des lateralen und medialen Rollkamms der Kontrolltiere (K1-K3) im Vergleich zu den beiden "Hyänen" (H1, H2)

1-13: Kreissektoren mit unterschiedlichen Krümmungsradien,
die Nummerierung erfolgt proximodistal
r: Krümmungsradius in mm; ZW: Zentriwinkel

Trochlea ossis femoris	medialer Rollkamm				lateraler Rollkamm			
	K1 - K3		H1 - H2		K1 - K3		H1 - H2	
Tier-Nr.	r	ZW	r	ZW	r	ZW	r	ZW
Kreissektor								
1	38,66	15	40,50	15	42,83	13	58,00	10
2	35,33	16	27,75	21	36,33	16	37,00	15
3	33,83	18	43,75	13	37,00	15	34,00	17
4	43,50	13	46,25	13	48,33	12	47,50	12
5	82,16	8	55,25	10	83,33	8	53,75	11
6	91,16	7	71,75	8	67,83	9	43,25	13
7	117,50	4	124,50	4	48,50	12	34,75	17
8	96,83	6	88,25	6	34,66	17	48,50	12
9	92,16	7	80,50	7	37,80	15	67,50	9
10	84,66	7	72,00	8	66,80	9		
11	84,50	7	52,33	11				
12	77,00	8						
13	52,00	11						

Ebenfalls im Gegensatz zur Kontrollmessung sinkt der Radius bei den beiden "Hyänen" bis zum 3. Kreissektor. Dabei erreicht er einen Wert von 34,00 mm über einem Zentriwinkel von 17 Grad. Wie bei den Kontrolltieren steigt daraufhin der Radius bis zum 5. Kreissektor wieder an. Er erreicht bei den beiden "Hyänen", anders als bei den Kontrolltieren, mit 53,75 mm und einem Zentriwinkel von 11 Grad nicht seinen größten Radius. Nach einer Abnahme des Radius bis zum 7. Kreissektor, kommt es, ebenso wie bei den Kontrolltieren, in den letzten beiden Kreissektoren wiederum zu einem Anstieg. Dabei wird ein Krümmungsradius von 67,50 mm bei einem dazugehörigen Zentriwinkel von 9 Grad erreicht.

Weiterhin fällt an der Trochlea ossis femoris auf, daß sich ihr proximales Ende wie ein Tuberculum trochleae vom Femurschaft abhebt. Dadurch vergrößert sich der Winkel zwischen Trochlea und Femurschaftachse. Diese führt bei H2 dazu, daß die Trochlea von medial betrachtet fast senkrecht zur Femurschaftachse steht.

Augenfällig ist eine zwischen den beiden Rollkämmen gelegene, in der Mitte der Rollfurche spitz beginnende und distal breiter werdende arthrotische Veränderung. Sie stimmt mit der Lage der schon beschriebenen Reduzierung des Gelenkknorpels überein.

Die zweite deutlich abgesetzte Gelenkfläche dient der Artikulation mit der Tibia. Sie wird durch die sagittal verlaufende Fossa intercondylaris in einen lateralen und medialen Gelenkfortsatz (Condylus lateralis et medialis) unterteilt.

Dabei stellt die Kondylusachse (Abb.13/C) keine Verlängerung der Femurschaftachse (A) dar, sondern ist bei den drei gesunden Kontrolltieren von dieser in einem Winkel (D) von 110-116 Grad kaudal abgelenkt (Tab.11). Deutlich darunter liegen die Werte für diesen Winkel bei den beiden "Hyänen". Während er bei H1 noch 95 bzw. 100 Grad erreicht, sinkt er bei H2 sogar auf 91 bzw. 82 Grad ab.

Tab.11: Ergebnisse der Winkelmessung zwischen Kondylus- und Femurschaftachse

Tier-Nr.	Hinter-extr.	Winkel
K 1	links	114°
	rechts	110°
K 2	links	115°
	rechts	116°
K 3	links	110°
	rechts	113°
H 1	links	100°
	rechts	95°
H 2	links	82°
	rechts	91°

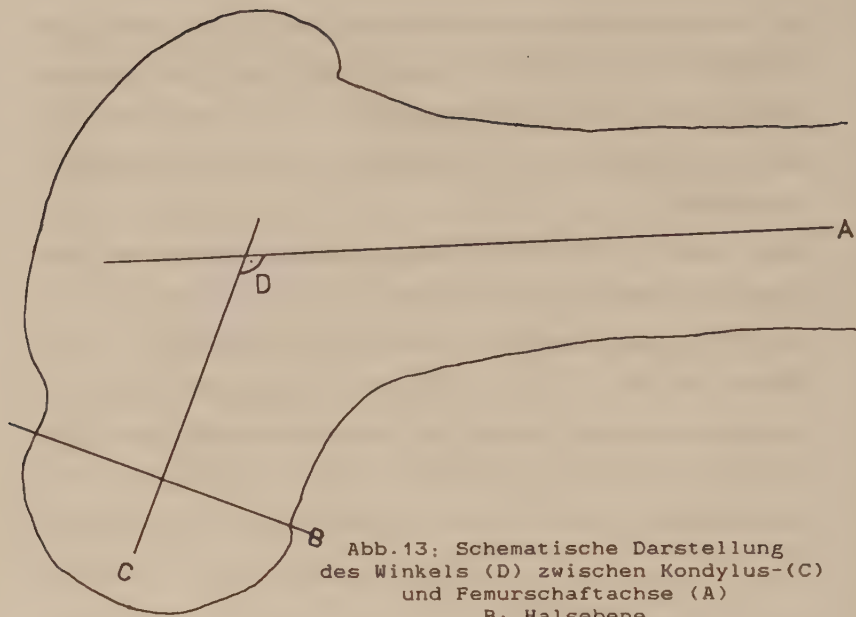


Abb.13: Schematische Darstellung
des Winkels (D) zwischen Kondylus-(C)
und Femurschaftachse (A)
B: Halsebene

Durch diese sehr starke Abknickung bildet sich medial und andeutungsweise lateral der Facies poplitea eine Knochen-
vorwölbung. Ebenso führt diese Abknickung dazu, daß die
Facies poplitea bei den beiden "Hyänen" zu einer mulden-
förmigen Vertiefung umgestaltet wird.

Der Condylus medialis der Kontrolltiere hat eine Länge
von 115-125 mm und ist distal etwas länger als der
laterale Kondylus. Er besitzt in der Quer- und Sagittal-
ebene eine konvexe Form.

Seine sagittale Krümmung (Abb.14) beginnt im 1. Kreis-
sektor mit einem Radius von 38,50 mm und einem dazuge-
hörigen Zentriwinkel von 15 Grad. Der zweite Kreissektor
überspannt einen Zentriwinkel von 17 Grad bei einem



Abb.14: Schnittprofil des medialen Kondylus der Kontrolltiere
1-9: Kreissektoren mit unterschiedlichen Krümmungsradien,
die Nummerierung erfolgt in kraniokaudaler Richtung

Radius von 34,16 mm. Im 4. Kreissektor erreicht das Schnittprofil des medialen Kondylus mit 48,50 mm über einem Zentriwinkel von 12 Grad seinen größten Radius. Kaudal wird der Krümmungsradius wiederum kleiner und erreicht im 8. Kreissektor mit 28,00 mm und einem entsprechenden Zentriwinkel von 19 Grad seinen kleinsten Radius. Im 9. Kreissektor steigt der Krümmungsradius wieder auf 31,60 mm an. Der dazu gehörige Zentriwinkel beträgt 18 Grad.

Der laterale Gelenkfortsatz der Kontrolltiere hat eine Länge von 115-120 mm und ist breiter als der mediale. Er ist ebenso wie der mediale Kondylus sowohl in der Quer- als auch in der Sagittalebene konvex geformt. Sein Schnittprofil (Abb.15) hat kranial einen Radius von 31,83 mm über einem Zentriwinkel von 18 Grad. Der zweite Kreis-

sektor weist eine geringfügig stärkere Krümmung auf, wobei der Radius von 30,66 mm einen Zentriwinkel von 19 Grad bestreicht. Sodann steigt der Krümmungsradius bis zum 5. Kreissektor an. Dabei erreicht er mit 62,00 mm und dem dazugehörigen Zentriwinkel von 9 Grad seinen größten Radius. Anschließend nimmt der Krümmungsradius des Schnittprofils bis zum 8. Kreissektor und einem Radius von 31,50 mm bei einem entsprechenden Zentriwinkel von 18 Grad erneut ab. Kaudal wird der Kreisbogen wieder flacher und überstreicht im 10. Kreissektor einen Zentriwinkel von 12 Grad bei einem Krümmungsradius von 50,20 mm.

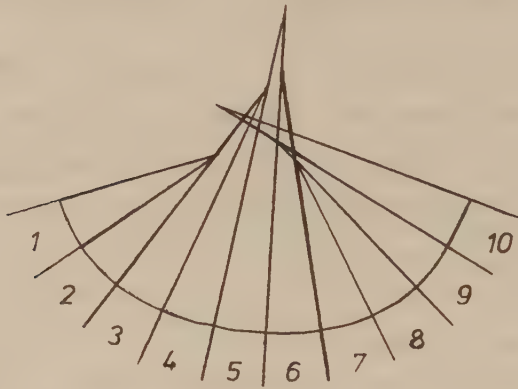


Abb.15: Schnittprofil des lateralen Kondylus der Kontrolltiere
1-10: Kreissektoren mit unterschiedlichen Krümmungsradien,
die Nummerierung erfolgt in kraniokaudaler Richtung

Ein Vergleich der Schnittprofile beider Kondylen miteinander zeigt, daß die Krümmung des medialen Kondylus nur kranial (1.u.2.Kreissektor) flacher ist als die des

lateralen. Alle weiteren Kreissektoren weisen eine zum Teil deutlich stärkere Krümmung auf (Abb. 14 u. 15).

Bei den beiden "Hyänen" beträgt die Länge des medialen Kondylus 100-120 mm. Die Länge bei H1 liegt mit 115 bzw. 120 mm im Bereich der Meßergebnisse für die gesunden Kontrolltiere, während sie bei H2 mit 105 bzw. 100 mm deutlich reduziert ist. Ebenso wie bei den Kontrolltieren reicht der mediale Kondylus weiter distal als der laterale.

Das Schnittprofil des medialen Kondylus (Abb.16, Tab.12) hat bei den beiden Hyänen im 1. Kreissektor im Mittel einen Radius von 29,50 mm über einem Zentriwinkel von 19 Grad. Damit weist er zu Beginn eine wesentlich stärkere Krümmung auf als die Kondylen der drei Kontrolltiere. Anschließend steigt der Krümmungsradius an, obwohl die Radien unter den für die Kontrolltiere gemessenen Mittel-



Abb.16: Schnittprofil des medialen Kondylus der beiden "Hyänen"
1-9: Kreissektoren mit unterschiedlichen Krümmungsradien,
die Nummerierung erfolgt in kraniokaudaler Richtung

werten bleiben. Seinen größten Krümmungsradius erreicht das Schnittprofil ebenso wie bei den Kontrolltieren im 4. Kreissektor. Der Radius beträgt hier 54,50 mm, wobei er einen Zentriwinkel von 10 Grad überstreicht. Auch bei den beiden "Hyänen" kommt es ähnlich wie bei den Kontrolltieren vom 5. bis 8. Kreissektor wiederum zu einer Zunahme der Krümmung und damit zu einer Abnahme der Krümmungsradien. Doch liegen die Krümmungsradien der zwei erkrankten Tiere immer erheblich unter denen der gesunden Tiere. Im letzten Kreissektor flacht das Schnittprofil etwas ab. Der Krümmungsradius beträgt hier 36,50 mm und der dazugehörige Zentriwinkel 16 Grad.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß der Condylus medialis der beiden "Hyänen" insbesondere im 5.-8. Kreissektor eine deutlich stärkere Krümmung aufweist als derjenige der gesunden Kontrolltiere.

Der Condylus lateralis hat bei den beiden "Hyänen" eine Länge von 100-115 mm und ist damit kürzer als der der Kontrolltiere.

Das sagittale Schnittprofil des lateralen Kondylus (Abb. 17, Tab.12) beginnt im 1. Kreissektor mit einem Radius von 31,75 mm und einem Zentriwinkel von 18 Grad. Dieser Radius entspricht fast exakt dem der gesunden Tiere. Anschließend steigt der Krümmungsradius bis zum 5. Kreissektor an. Hier beträgt der Radius 67,25 mm und bestreicht einen Zentriwinkel von 9 Grad. Bis zu diesem Kreissektor hat das Schnittprofil des Condylus lateralis

Tab.12: Krümmungsverhalten des lateralen und medialen Kondylus der Kontrolltiere (K1-K3) im Vergleich zu den beiden "Hyänen" (H1,H2)

1-10: Kreissektoren mit unterschiedlichen Krümmungsradien
die Nummerierung erfolgt in kraniokaudaler Richtung
r: Krümmungsradius in mm; ZW: Zentriwinkel

Condylus	medialis				lateralis			
	K1 - K3		H1 - H2		K1 - K3		H1 - H2	
Tier-Nr.								
Kreissektor	r	ZW	r	ZW	r	ZW	r	ZW
1	38,50	15	29,50	19	31,83	18	31,75	18
2	34,16	17	32,00	18	30,66	19	35,75	16
3	40,66	14	39,25	14	45,16	13	40,00	14
4	48,50	12	54,50	10	46,66	13	49,00	11
5	44,33	13	39,75	15	62,00	9	67,25	9
6	42,33	14	37,50	14	49,33	12	41,75	14
7	30,83	19	29,50	19	32,33	18	22,50	25
8	28,00	20	20,75	25	31,50	18	25,00	24
9	31,60	18	36,50	16	37,33	16	45,33	13
10					50,20	12		

der beiden "Hyänen" einen flacheren Verlauf als das der Kontrolltiere, die aber ebenso im 5. Kreissektor mit 62,00 mm ihren größten Radius erreichen. Im Gegensatz dazu zeigt das Schnittprofil kaudal ein deutlich stärkeres Krümmungsverhalten als das der Kontrolltiere. Dabei sinkt der Radius bis zum 7. Kreissektor auf 22,50 mm über einem Zentriwinkel von 25 Grad ab. In den letzten beiden Kreissektoren steigt, wie bei den Kontrolltieren, der Radius wiederum an und überspannt im 9. Sektor einen Zentriwinkel von 13 Grad bei einem Radius von 45,33 mm.



Abb.17: Schnittprofil des lateralen Kondylus der beiden "Hyänen"
1-9: Kreissektoren mit unterschiedlichen Krümmungsradien,
die Nummerierung erfolgt in kraniokaudaler Richtung

Die maximale natürliche Länge des Os femoris beträgt bei den drei Kontrolltieren 400-450 mm. Im Gegensatz dazu erreichen die Oberschenkelbeine der beiden "Hyänen" nur eine Länge von 380 bzw. 373 bei H1 und 322 bzw. 324 mm

bei H2 (Tab.9/ ml). Ähnlich deutlich ist auch der Unterschied bei der größten funktionellen Länge, die vom Caput ossis femoris aus gemessen wurde. Während sich bei den gesunden Kontrolltieren Werte von 368-416 mm ergeben, erreichen die beiden erkrankten Tiere nur Werte von 276-357 mm (Tab.9/ mlc). Allerdings beträgt die Differenz zwischen der maximalen natürlichen Länge und der größten funktionellen Länge bei den Kontrolltieren 30-43 mm, während sie einerseits bei H1 18 bzw. 23 mm, andererseits bei H2 jedoch 46 bzw. 41 mm erreicht.

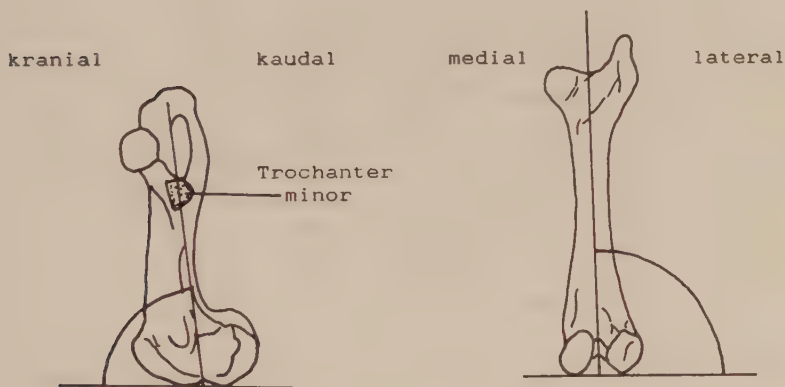


Abb.18: Winkel zwischen Femurschaftachse und Kondylushorizontale bei medialer Ansicht

Abb.19: Winkel zwischen Femurschaftachse und Kondylushorizontale bei kaudaler Ansicht

Bei Betrachtung des aufrecht auf eine Ebene gestellten Oberschenkelbeins (Abb.18) von medial scheint die Femurschaftachse geneigt. Diese Neigung ist durch die Bestimmung des Winkels zwischen Femurschaft und Kondylushorizontale von medial meßbar (Tab.13). Während sich bei den

gesunden Tieren Werte von 91,5 bis 93 Grad ergeben, betragen sie bei H1 95,0 bzw. 96,0 Grad; bei H2 sogar 104,0 bzw. 103,0 Grad.

Tab.13: Winkel zwischen Femurschaftachse und Kondylushorizontale bei medialer Ansicht

Tier-Nr.	Hinterextr.	Winkel
K 1	links	91,5°
	rechts	91,5°
K 2	links	92°
	rechts	93°
K 3	links	92,5°
	rechts	93°
H 1	links	95°
	rechts	96°
H 2	links	104°
	rechts	103°

Von kaudal betrachtet (Abb.19) beträgt der Winkel zwischen Femurschaftachse und Kondylushorizontale (Tab. 14) bei den Kontrolltieren, ebenso wie bei H2, 90,0 - 92,0 Grad. Dagegen neigen sich die Femurschaftachsen bei H1 weniger weit medial und erreichen nur den Wert von 88 bzw. 89 Grad.

Tab.14: Winkel zwischen Femurschaftachse und
Kondylushorizontale bei kaudaler Ansicht

Tier- Nr.	Hinter- extr.	Winkel
K 1	links	92°
	rechts	91°
K 2	links	92°
	rechts	90°
K 3	links	91,5°
	rechts	91,5°
H 1	links	88°
	rechts	89°
H 2	links	91°
	rechts	92°

3.6.2 Tibia

Das Schienbein, Tibia, ist ein kräftiger Knochen mit einer leichten medial gerichteten Krümmung. Ihre maximale natürliche Länge (Tab.15/ ml) beträgt bei den drei Kontrolltieren 360-410 mm. Bei den beiden "Hyänen" erreichen sie dagegen nur eine Länge von 235-245 mm.

Am proximalen Endstück der Tibia sind der Condylus lateralis und medialis durch die Eminentia intercondylaris getrennt. Jeder der beiden Kondylen trägt eine Gelenkfläche. Dabei liegt die laterale Gelenkfläche stets etwas tiefer als die mediale. Die mediale Gelenkfläche besitzt eine mehr dreieckige Form, während die laterale Gelenkfläche eher einem Viereck entspricht.

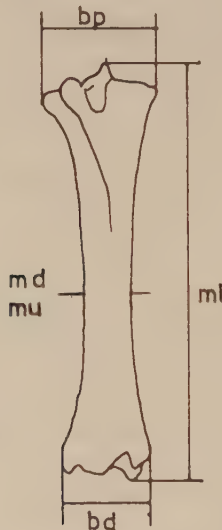


Abb.20: Meßstrecken an der Tibia
ml: max. Länge; bp: Breite prox.; bd: Breite dist.
mu: minimaler Schaftumfang; md: minimaler
Schaftdurchmesser

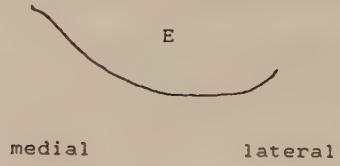
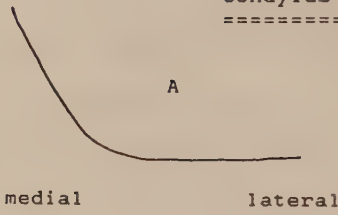
Tab.15: Ergebnisse der Messungen an der Tibia
ml: max. Länge; bp: Breite prox. bd: Breite dist.
mu: minimaler Schaftumfang md: minimaler Schaft-
durchmesser, l-m: latero-medial, c-c: cranio-caudal

Tier-Nr.	Hinter-extr.	ml	bp	bd	mu	md	
						l-m	c-c
K 1	links	375	119	89	152	53	37
	rechts	370	123	88	152	54	37
K 2	links	360	118	86	143	51	36
	rechts	360	120	88	142	51	36
K 3	links	410	121	85	143	51	36
	rechts	410	125	87	145	52	35
H 1	links	245	124	92	145	54	35
	rechts	245	124	93	148	55	36
H 2	links	235	125	87	136	52	30
	rechts	238	125	87	135	51	32

Die Schnittprofile sind in vereinfachter Form in den Abb. 21 (linke Tibia) und 22 (rechte Tibia) für jeweils ein Kontrolltier (A - D) und die "Hyäne" H 2 (E - H) wiedergegeben. Daraus ist abzulesen, daß die mediale Gelenkfläche, ausgehend vom Tuberculum intercondylare mediale, steil abfällt und erst am Fuße des Tuberculum intercondylare mediale eine scharfe konkave Krümmung zeigt. Im weiteren Verlauf zeigt das Profil nur noch eine geringfügige Neigung (Abb.21u.22/ A). Das kraniokaudale Schnittprofil steigt zunächst leicht an, fällt dann kaudal ab und verleiht der Gelenkfläche eine konvexe Form

Condylus medialis

=====



Condylus lateralis

=====

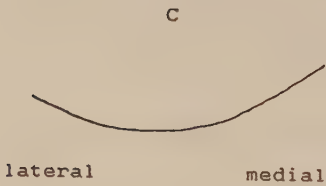
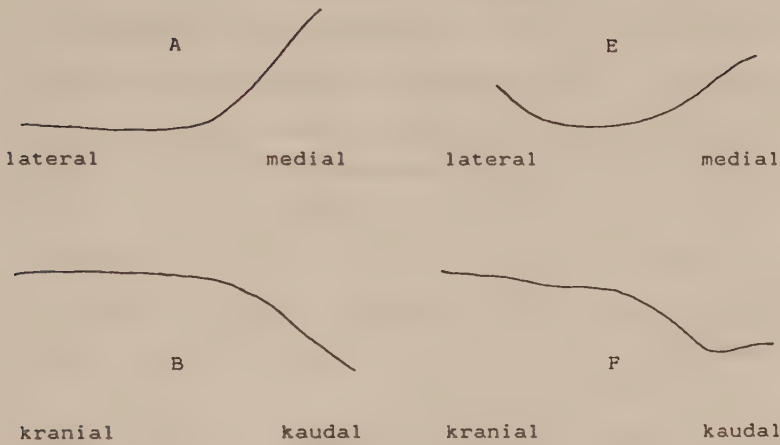


Abb.21: Krümmungsprofile des Condylus lateralis und medialis tibiae des linken Kniegelenks von K1 (links A - D) und H2 (rechts E - H)

Condylus medialis

=====



Condylus lateralis

=====

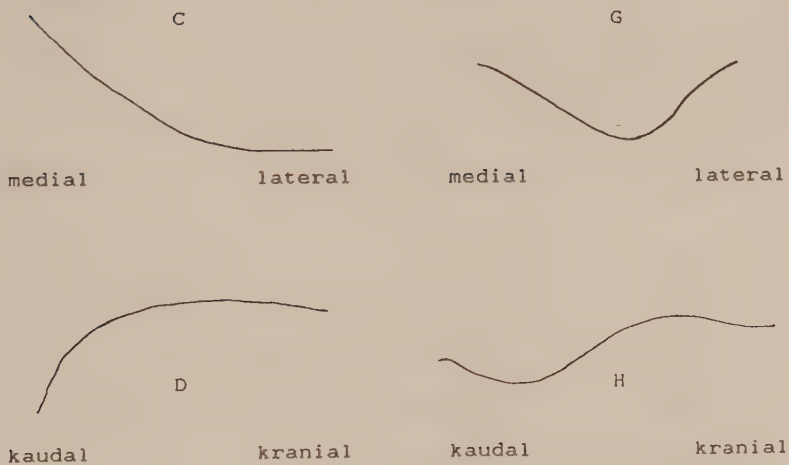


Abb.22: Krümmungsprofile des Condylus lateralis und medialis tibiae des rechten Kniegelenks von K1 (links A - D) und H2 (rechts E - H)

(Abb.21u.22/ B).

Die laterale Gelenkfläche verläuft in mediolateraler Richtung (Abb.21u.22/ C) zunächst flacher abfallend als die mediale Gelenkfläche, läuft lateral allerdings wieder plan aus und besitzt ebenfalls eine deutlich konkave Form. In kraniokaudaler Richtung (Abb.21u.22/ D) ist sie stärker konvex als die Gelenkfläche des Condylus medialis.

Am Kranialrand der Tibia befindet sich die Schienbeinbeule (Tuberositas tibiae), die dem Endstück die dreiseitige Säulenform verleiht.

Gemessen wurde ebenso die mehr kaudal gelegene größte Breite des proximalen Endstücks, sie beträgt bei den drei Kontrolltieren 118-125 mm (Abb.20, Tab.15).

Bei den beiden "Hyänen" macht das proximale Endstück einen wesentlich größeren, wuchtigen Eindruck und scheint nach allen Seiten stärker auszuladen. Dennoch liegt die maximale proximale Breite (Abb.20, Tab.15) mit 124 bzw. 125 mm im Bereich der für die Kontrolltiere gemessenen Werte.

Das Tuberculum intercondylare mediale ist deutlich kürzer und überragt bei H1 das laterale Tuberculum nur knapp. Bei H2 dagegen ist auch das Tuberculum laterale verkürzt und insgesamt stark abgerundet, so daß es nur schwer als eigenständige Erhebung anzusprechen ist.

Die beiden Gelenkflächen liegen auf gleichem Niveau. Der kaudolaterale Winkel des proximalen Endstücks liegt kaum tiefer als der kaudomediale, während im Gegensatz dazu

bei den Kontrolltieren ein deutlicher Höhenunterschied zwischen beiden Winkeln herrscht. An der Gelenkfläche des Condylus medialis von H1 fällt auf, daß der kaudomediale Winkel axial eingezogen ist und somit die Gelenkfläche eher die Form eines C als die eines Dreiecks annimmt. Ebenso ist dadurch die Incisura poplitea tiefer und enger als bei den Kontrolltieren.

Bei den "Hyänen" zeigt das mediolaterale Schnittprofil der Gelenkfläche des Condylus medialis zunächst einen langsam beginnenden Abfall und steigt dann im Gegensatz zu den gesunden Tieren, zum lateralen Rand hin deutlich an (Abb.21,22, E). Das kraniokaudale Profil (Abb.21,22, F) verläuft zunächst flacher als bei den Kontrolltieren, um nahe dem kaudalen Rand, in besonders ausgeprägter Form bei H2, deutlich anzusteigen.

Die laterale Gelenkfläche fällt, vom Tuberculum intercondylare lateralis ausgehend, bei H1 zunächst langsam ab, um zum lateralen Rand hin wieder leicht anzusteigen. Ebenso ist der Unterschied des kraniokaudalen Profils zwischen H1, wo vor allem am linken Kniegelenk die Form weniger stark konvex ist, und den gesunden Kontrolltieren nicht sehr groß. Anders dagegen bei H2 (Abb.21,22/ G).

Hier hat die Gelenkfläche medial zunächst leicht konvexe, am linken Kniegelenk sogar deutlich konvexe Form und fällt zum mittleren Drittel hin stark ab. Danach steigt sie steil zum lateralen Rand, der fast die Höhe des Tuberculum intercondylare laterale erreicht, an. Das Profil hat damit eine scharfe konkave Form im Gegensatz

zum seichten Konkav der Kontrolltiere und auch zu H1. In kraniokaudaler Richtung ist die laterale Gelenkfläche bei H2 zunächst etwas stärker konvex gebogen. Zum kaudalen Rand steigt auch hier die Gelenkfläche wieder deutlich an (Abb.21,22/ H).

Besonders auffällig ist bei beiden "Hyänen" die stark vergrößerte Tuberositas tibiae. Sie erreicht bei H1 annähernd das Niveau des Tuberculum intercondylare mediale, bei H2 überschreitet sie dessen Niveau sogar um einige Millimeter. An der Tuberositas tibiae der beiden erkrankten Tiere sind die Ansatzmarke des Ligamentum patellae intermedium und die des Ligamentum patellae lat. deutlicher zu erkennen als bei den gesunden Kontrolltieren.

Am Corpus tibiae beträgt der minimale Umfang (Tab.15/ mu) bei den Kontrolltieren 142-152 mm, der minimale latero-mediale Durchmesser (Tab.15/ md,l-m) 51-54 mm, der kranio-kaudale (Tab.15/ md,c-c) 35-37 mm.

Bei den beiden "Hyänen" fällt der kürzere und wesentlich steilere Verlauf des Margo cranialis zur stark vergrößerten Tuberositas tibiae auf. Die Ergebnisse der Messungen (Tab.15/ H1,H2) liegen bei H1 im Bereich der Vergleichswerte, bei H2 für den minimalen Umfang mit 136 bzw. 135 mm und für den minimalen kranio-kaudalen Durchmesser mit 30 bzw. 32 mm deutlich unter den Ergebnissen für die Kontrolltiere.

Die Cochlea tibiae dient als Meßstrecke für die maximale distale Breite des distalen Endstücks; sie beträgt bei

den drei Kontrolltieren 85-89 mm (Tab.15/ bd).

Bei den beiden "Hyänen" liegen die Werte für die distale Breite bei H1 mit 92 bzw. 93 mm etwas über den Kontrollwerten, während sie bei H2 mit 87 mm (Tab. 15/ bd) diesen entspricht. Erwähnt sei, daß an der Cochlea oberflächliche arthrotische Veränderungen anzutreffen sind. Diese Veränderungen findet man bei H2 in besonders ausgeprägten Maße im lateralen Teil der Cochlea tibiae.

3.6.3 Relation zwischen Os femoris und Tibia

In den Tabellen 16 bis 20 sind die gemessenen Werte der maximalen natürlichen Länge, der maximalen Breite proximal und distal sowie des latero-medialen und kranio-kaudalen Diaphysendurchmessers der Tibia in Relation zu den entsprechenden Werten des Os femoris gesetzt. Danach ergeben sich deutliche Unterschiede beim Verhältnis der maximalen Länge der beiden Knochen zueinander. Während das Verhältnis bei den drei Kontrolltieren bei 1,1 liegt, liegt es bei H2 mit 1,3 und bei H1 sogar mit 1,5 deutlich höher (Tab.16). Die anderen Relationen führen zu weniger prägnanten Differenzen. Beim Verhältnis der proximalen Breite der beiden Knochen zueinander weicht vor allem H2 mit 1,064 bzw. 1,072 vom Kontrollwert, der im Mittel 1,21 beträgt, ab (Tab.17). Bei der distalen Breite liegt der Mittelwert der Kontrolltiere bei 1,38. Bei H1 wird dieser Wert mit 1,212 bzw. 1,268 unterschritten, während H2 hierbei keine Abweichung zeigt (Tab.18). Auch das Ver-

Tab.16: Relation Länge Os femoris : Tibia

Tier-Nr.	Hinter-extr.	Länge (mm) Os femoris	Länge (mm) Tibia	Relation
K 1	links	420	375	1,120
	rechts	420	370	1,135
K 2	links	400	360	1,111
	rechts	400	360	1,111
K 3	links	450	410	1,097
	rechts	450	410	1,097
H 1	links	380	245	1,551
	rechts	373	245	1,522
H 2	links	322	235	1,370
	rechts	324	238	1,361

Tab.17: Relation proximale Breite Os femoris : Tibia

Tier-Nr.	Hinter-extr.	bp Os femoris	bp Tibia	Relation
K 1	links	145	119	1,218
	rechts	146	123	1,186
K 2	links	141	118	1,194
	rechts	142	120	1,183
K 3	links	157	121	1,297
	rechts	150	125	1,200
H 1	links	143	124	1,153
	rechts	148	124	1,193
H 2	links	133	125	1,064
	rechts	134	125	1,072

Tab.18: Relation distale Breite Os femoris : Tibia

Tier-Nr.	Hinter-extr.	bd Os femoris	bd Tibia	Relation
K 1	links	124	89	1,393
	rechts	122	88	1,386
K 2	links	112	86	1,302
	rechts	116	88	1,318
K 3	links	123	85	1,447
	rechts	126	87	1,448
H 1	links	112	92	1,212
	rechts	118	93	1,268
H 2	links	121	87	1,390
	rechts	117	87	1,344

Tab.19: Relation minimaler Diaphysendurchmesser
latero-medial
Os femoris : Tibia

Tier-Nr.	Hinter-extr.	md / l-l Os femoris	md / l-l Tibia	Relation
K 1	links	47	53	0,886
	rechts	47	54	0,870
K 2	links	44	51	0,862
	rechts	44	51	0,862
K 3	links	44	51	0,862
	rechts	44	52	0,846
H 1	links	45	54	0,833
	rechts	46	55	0,836
H 2	links	44	52	0,846
	rechts	44	51	0,862

Tab.20: Relation minimaler Diaphysendurchmesser
cranio-caudal
Os femoris : Tibia

Tier-Nr.	Hinter-extr.	md / c-c Os femoris	md / c-c Tibia	Relation
K 1	links	54	37	1,459
	rechts	54	37	1,459
K 2	links	52	36	1,444
	rechts	52	36	1,444
K 3	links	52	36	1,444
	rechts	51	35	1,457
H 1	links	49	35	1,400
	rechts	47	36	1,305
H 2	links	42	30	1,400
	rechts	44	32	1,375

hältnis des latero-medialen Diaphysendurchmessers der Kontrolltiere (Mittel:0,86) wird durch H1 (Tab.19) und des kranio-kaudalen Diaphysendurchmessers (Mittel:1,45) sowohl durch H1 als auch durch H2 (Tab.20), unterschritten.

3.6.4 Röntgenologische Analyse

Diesem Kapitel liegen Röntgenbilder von einer "Hyäne" (H2) im Alter von 1 Jahr und von 2,5 Jahren sowie Kontrolltieren gleichen Alters zugrunde. Zum besseren Verständnis wurden vereinfachte Röntgenskizzen angefertigt, die in den Abb. 23 - 26 wiedergegeben sind. Danach zeigt das Röntgenbild des Kniegelenks der Hyänenkuh im Alter von 1 Jahr (Abb.23) verglichen mit dem gleichaltrigen Kontrolltier (Abb.24), folgende Besonderheiten: Bei gleichem Vergrößerungsmaßstab ist ein deutlicher Größenunterschied zwischen den beiden an der Gelenkbildung beteiligten Knochen festzustellen. Ebenso ist der Winkel zwischen Femurschaft- und Kondylusachse bei der Aufnahme der "Hyäne" auffallend kleiner als beim Kontrolltier. Die Trochlea ossis femoris der "Hyänen" nimmt zur Femurschaftachse eine fast rechtwinklige Stellung ein. Die proximal verschobene Lage der Patella ruht auf einer Art "Tuberculum trochleae". Der Margo cranialis tibiae geht steil ansteigend in eine sowohl proximal als auch kranial stark hervortretenden Tuberositas tibiae über. Dabei erreicht die Tuberositas tibiae (Abb.23/ 9) schon bei der 1 Jahr alten "Hyäne" die Höhe des Tuberculum intercondylare mediale (Abb.23,11). Im Gegensatz dazu liegt die Tuberositas tibiae des Kontrolltieres proximal gerade im Niveau der Gelenkfläche der Kondylen der Tibia. Beachtenswert ist auf der Röntgenaufnahme der "Hyäne" auch die geringere Höhe des Tuberculum inter-

condylare mediale (Abb.23/ 11), die geringere Höhendifferenz zwischen Tuberculum intercondylare mediale und laterale (Abb.23/ 12) und die abaxial ansteigenden Ränder des Condylus lateralis et medialis tibiae (Abb.23/ 13,14). Die beiden zuletzt aufgeführten Unterschiede sind besser im kaudokranialen Strahlengang zu beobachten.

Besondere Beachtung verdient die Beschaffenheit und Länge der Epiphysenfugen (distale Epiphysenfuge des Os femoris (10 c) und die proximale Epiphysenfuge der Tibia (10 b). Sie sind sowohl bei der "Hyäne" im Alter von 1 Jahr (Abb. 23/ 10 b u. c) als auch beim gleichaltrigen Kontrolltier (Abb.24/ 10 b u. c) nicht geschlossen. Ihr Verlauf zeigt keinen bedeutenden Unterschied. Anders dagegen verhält sich die Apophysenfuge der Tuberositas tibiae (Abb.23, 24/ 10 a). Sie ist bei der Aufnahme einjährigen "Hyänen-Kuh" kürzer und hat einen tangentialen Verlauf, der in einem Winkel von ca. 45 Grad nach kraniodistal abfällt. Demgegenüber verläuft die Fuge beim Kontrolltier zunächst in einem Winkel von ca. 105 Grad nach kaudodistal und ab dem Übergang von zweiten zum dritten Drittel der Apophysenfuge in einem Winkel von ca. 55 Grad kraniodistal (Abb.24/ 10 a).

Veränderungen der Knochenstruktur konnten im Röntgenbild bei der ein Jahr alten "Hyäne" nicht festgestellt werden. Im Alter von zweieinhalb Jahren sind bei der "Hyäne" (Abb.25) bzw. der Kontrollkuh (Abb.26) vergleichbare makroskopische Knochenstrukturen festzustellen wie bei den ein Jahr alten Tieren. Inwieweit sich

wachstumsbedingte Veränderungen im Fall von H2 manifestiert haben, läßt sich an Hand der Röntgenaufnahmen (Abb.23, 25) vor allem an der Tuberositas tibiae eindeutig nachweisen. Sie ist noch stärker hervorgetreten und überragt proximal das Tuberculum intercondylare mediale. Die Epiphysenfugen sind sowohl am Os femoris als auch an der Tibia völlig geschlossen. Die Apophysenfuge der Tuberositas tibiae ist im Vergleich zu den Aufnahmen im Alter von einem Jahr zwar kleiner, aber nur teilweise eindeutig durchgebaut.



Abb.23: Röntgenskizze des rechten Kniegelenks einer
Hyänen-Kuh (H2),
Alter ein Jahr, medio-lateraler Strahlengang

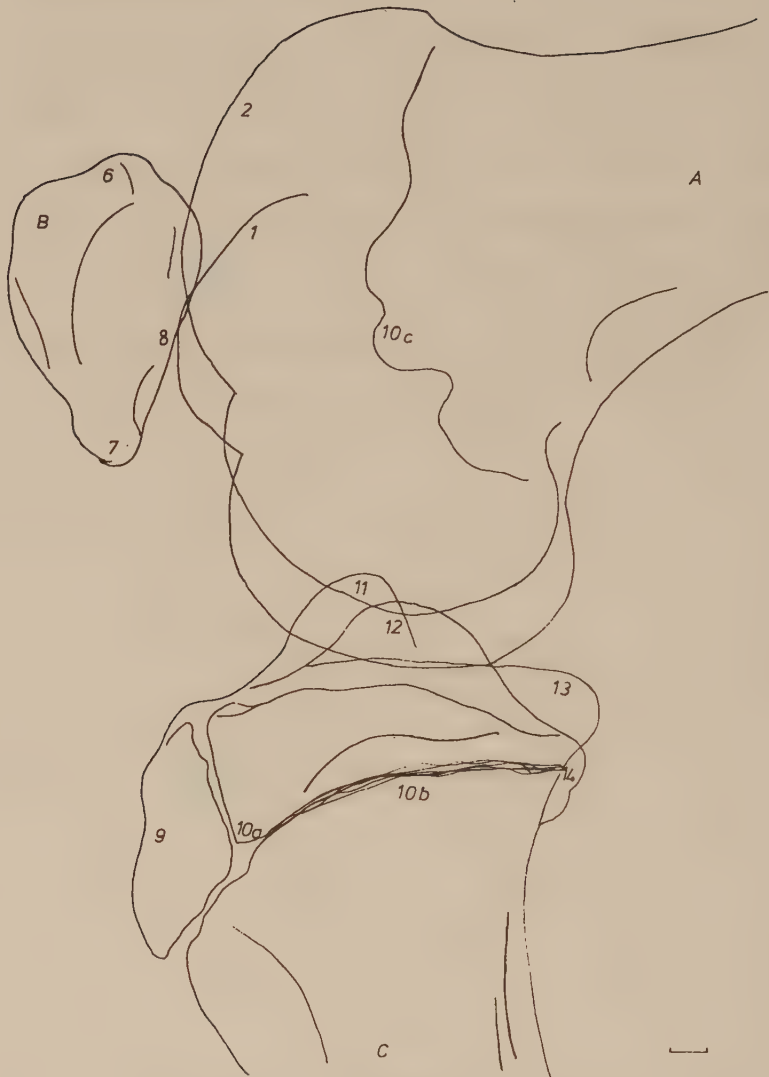


Abb.24: Röntgenskizze des rechten Kniegelenks eines gleichaltrigen DFV-Stiers, medio-lateraler Strahlengang



Abb. 25: Röntgenskizze des rechten Kniegelenks einer
Hyänen-Kuh (H2),
Alter zweieinhalb Jahre, medio-lateraler Strahlengang

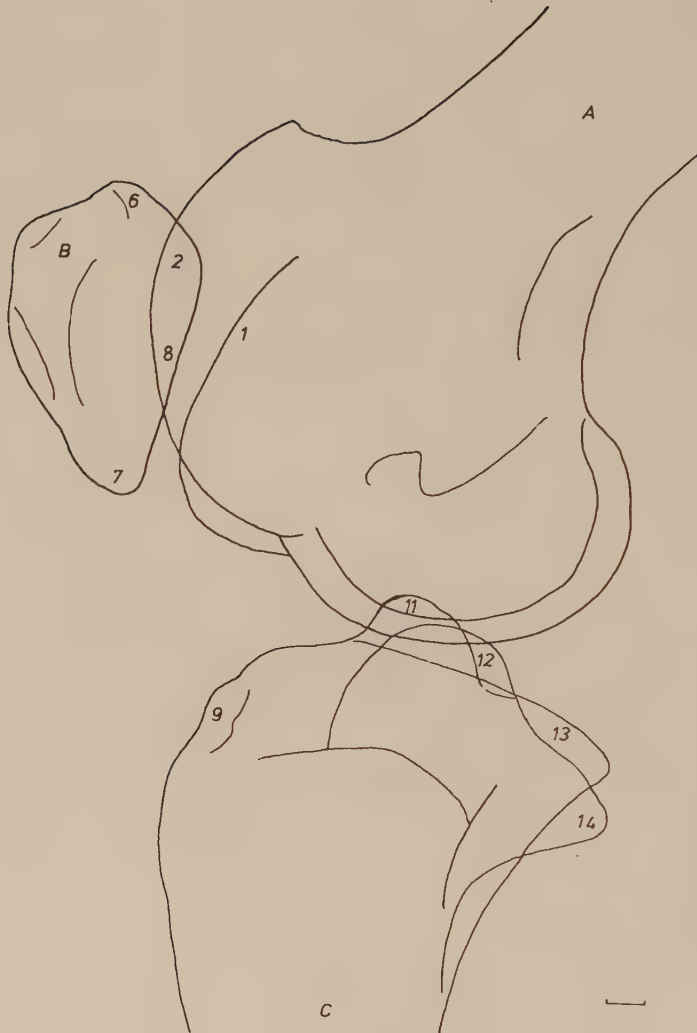


Abb.26: Röntgenskizze des rechten Kniegelenks einer
gleichaltrigen DFV-Kuh
medio-lateraler Strahlengang

Legende zu den Abbildungen 23 - 26:

A - C: An der Gelenkbildung beteiligten Knochen

A: Os femoris

B: Patella

C: Tibia

Am Os femoris

1 - 2: Trochlea ossis femoris

1: Lateraler Rollkamm

2: Medialer Rollkamm

3: Condylus lateralis

4: Condylus medialis

5: Fossa intercondylaris

10: Epiphysenfuge

10 c: distale Epiphysenfuge des Os femoris

An der Patella:

6: Basis patellae

7: Apex patellae

8: Facies articularis

An der Tibia:

9: Tuberositas tibiae

10: Epi- bzw. Apophysenfugen

10 a: Apophysenfuge der Tuberositas tibiae

10 b: proximale Epiphysenfuge der Tibia

11: Tuberculum intercondylaris medialis

12: Tuberculum intercondylaris lateralis

13: Condylus lateralis

14: Condylus medialis



Foto 1: Os femoris einer Hyänen-Kuh (H2) und einer
gleichaltrigen, gesunden Kuh



Foto 2: Tibia einer Hyänen-Kuh (H2) und einer
gleichaltrigen, gesunden Kuh

4. Diskussion

Einschränkend sei angemerkt, daß die Anzahl von zwei durch Hyänenkrankheit befallene Tiere zu gering ist, um eine Verallgemeinerung bzw. statistische Auswertung zu erlauben. Trotzdem sind beide "Hyänen-Rinder" interessant, weil sie der gleichen Rasse (Braunvieh) angehören sowie gleiches Alter und gleiches Geschlecht haben. Beide Tiere weisen qualitativ gleiche Veränderungen auf mit denen sie eindeutig als "Hyänen" zu diagnostizieren sind. Der Ausprägungsgrad der Krankheit ist jedoch zum Teil extrem.

Die bedeutendsten Veränderungen sind an den beiden an der Kniegelenksbildung beteiligten langen Röhrenknochen, Os femoris und Tibia, zu finden. Beide Knochen sind erheblich verkürzt. Dabei treten am Os femoris Längendifferenzen von 20 - 100 mm (Tab.9), an der Tibia sogar von 115 - 175 mm (Tab.15) auf. Dieses Phänomen vermutete REMY (1978) bereits zu Beginn seiner Untersuchung auf Grund von Körpermessungen am lebenden Tier. Dabei traten zwischen der "Hyänen-Färse" und der Kontroll-Färse Differenzen in der Höhe des Sitzbeinhöckers von 100 mm auf, während die Höhe des Fersenhöckers übereinstimmte. Die gleiche Beobachtung machten KLEE und LENGFELDER, 1979, wobei Höhendifferenzen am Sitzbeinhöcker von bis zu 220 mm auftraten. REMY (1978) führte daraufhin erstmals Knochenmessungen durch. Er stellte bei einer zweieinhalbjährigen Färse der Rasse FFPN (Franz.- Fries. Schwarz--

Bunte) eine Verkürzung des Os femoris um 65 mm und der Tibia um 58 mm fest. Auch andere Autoren (KLEE und LENG-FELDER, 1979; LOMBA et al., 1981; PARODI et al., 1982) bestätigen die Verkürzung der beiden langen Röhrenknochen der Hintergliedmaßen. PARODI et al. (1985) beobachteten bei Tieren im Alter von 9 Monaten bis 4 Jahren je nach Alter eine Verkürzung des Os femoris von 50 - 110 mm und der Tibia von 80 - 160 mm. Dabei war stets bei allen Autoren, mit Ausnahme REMY (1978) und in Übereinstimmung mit den eigenen Ergebnissen die Tibia stärker betroffen als das Os femoris. Ob jedoch die Verkürzung die beiden langen Röhrenknochen symmetrisch erfaßt, wie die Angaben von PARODI et al. (1985) vermuten lassen, oder mit PARODI et al. (1982) eine mögliche ungleichmäßige Verkürzung an zwei bilateralen Knochen des gleichen Tieres auftreten, lassen die eigenen Ergebnisse nicht schlüssig entscheiden. In den hier vorgestellten zwei Fällen bestanden Längenunterschiede von 2 - 7 mm am Os femoris (Tab.9) sowie in einem Fall (H 2) von 3 mm an der Tibia (Tab.15). Differenzen dieser Größenordnung treten jedoch auch bei gesunden Tieren auf.

Durch die Verkürzung und durch den erstmals von REMY (1978) gemessenen geringeren Diaphysenumfang am Os femoris mit 123 mm (Kontrolle: 138 mm), an der Tibia mit 118 mm (Kontrolle: 135 mm) sind die Schaftanteile der langen Röhrenknochen schlanker. Dieser Eindruck wird auch von anderen Autoren (LOMBA et al., 1981; ESPINASSE und PARODI, 1978) bestätigt. Die eigenen Messungen bestätigen

eine deutliche Verringerung des minimalen Schaftumfangs beider Knochen. Dabei scheint der erheblich geringere kraniokaudale Schaftdurchmesser (Tab.9, 15) gegenüber dem wenig geminderten lateromedialen an Bedeutung zu überwiegen.

Am proximalen Endstück des Os femoris von "Hyänen-Rindern" ist besonders das vermehrte Wachstum des Trochanter major gegenüber dem Gelenkfortsatz hervorzuheben (GABBI et al., 1982). Dieses Phänomen kann durch die eigenen Untersuchungsergebnisse nicht bestätigt werden. Während die Differenz zwischen der maximalen natürlichen Länge und der maximalen Länge bis zum Caput ossis femoris (Tab. 9/ ml, mlc) bei den drei Kontrolltieren 30 - 43 mm beträgt, liegt sie bei H2 mit 46 bzw. 41 mm annähernd im Bereich der Kontrollwerte. Bei H1 dagegen unterschreitet sie diese Werte mit 23 bzw. 18 mm erheblich, so daß hier sogar ein vermindertes Wachstum des Trochanter major vorliegt.

REMY (1978) beschreibt, daß der kaudale Winkel zwischen Femurschaft und Kondylusachse verkleinert ist. Dabei gibt er als Werte 100 Grad für die Kontrollfärsen und 70 Grad für die "Hyäne" an. Diese Tatsache wird auch durch Messungen an Röntgenbildern von TRENTI und CINOTTI (1981) sowie TRENTI (1982) bekräftigt, die Werte von 98 - 100 Grad für das Kontrolltier und 78 - 80 Grad für die "Hyäne" angeben.

Die eigenen Untersuchungen zeigen eine bei H2 besonders ausgeprägte Verkleinerung dieses Winkels (Tab.11). Die

im Vergleich mit den Literaturwerten auftretenden Differenzen sind auf die angewendete Meßmethodik zurückzuführen.

Als eine weitere Veränderung des distalen Endstücks des Os femoris beschreibt REMY (1978) eine Rotation um die Längsachse, wobei sich der kraniale Teil medial und der kaudale Teil lateral gedreht hat. Ebenso befinden sich nach Angaben von REMY (1978) die beiden Kondylen nicht mehr in einer Horizontalen, da sich der mediale Gelenkknorren gesenkt und der laterale sich angehoben hat. Dasselbe Phänomen beobachtete er auch an den Rollkämmen der Trochlea ossis femoris. Eine deutliche Rotation um die longitudinale Achse wird auch von LOMBA et al. (1981) und PARODI et al. (1985) beschrieben. Diese Angaben sind am eigenen Untersuchungsmaterial nicht nachzuvollziehen. Daß der mediale Kondylus etwas weiter distal reicht als der laterale, konnte dagegen nicht nur an den beiden "Hyänen", sondern auch an allen Kontrolltieren beobachtet werden.

Hinsichtlich der Tibia spricht REMY (1978), neben der schon erwähnten Verkürzung und dem "kompakteren" Aussehen, von proximo - distal abnehmenden Veränderungen. Nach seinen Angaben hebt sich die Gelenkfläche des Condylus lateralis tibiae proximal an, wobei die Differenz zwischen der lateralen und medialen Gelenkfläche der Tibia nicht dem schon beschriebenen Unterschied zwischen dem lateralen und medialen Kondylus des Os femoris entsprechen soll. Auch bei den eigenen Untersuchungen konnte

eine Veränderung hinsichtlich der Höhendifferenz zwischen den beiden Gelenkflächen festgestellt werden. Ob es sich dabei jedoch um ein Anheben der einen oder um ein Absenken der anderen Gelenkfläche oder sogar um eine Kombination aus beidem handelt, ist nicht ablesbar.

Desweiteren spricht REMY (1978) von einer bedeutenden Konkavität der proximalen Gelenkflächen der Tibia, eine Beobachtung, die auch bei den eigenen Untersuchungen (besonders bei H 2; s.S.82, 83) gemacht wurde.

Die Kniescheibe hat bei den von REMY (1978) untersuchten Tieren eine Länge von 69 mm (Kontrolle: 67 mm) und eine Breite von 66 mm (Kontrolle: 63 mm). Diese Werte liegen im Bereich der eigenen Meßwerte (Tab.5), wobei jedoch die Differenz zwischen maximaler Länge und maximaler Breite bei den eigenen Untersuchungen immer deutlich größer ist. Auch kann die Beobachtung von REMY (1978), daß die Kniescheibe der Kontrollfärsen massiver erscheint, trotz der annähernd gleichen Meßwerte (Tab.5) zwischen den beiden "Hyänen" und den Kontrolltieren, bestätigt werden.

Schon bei ihrer ersten Beschreibung der Hyänenkrankheit weisen ESPINASSE und PARODI (1975) auf Veränderungen osteo - artikulärer Art arthrotischen Ursprungs hin. Die zum Teil sehr starken arthrotischen Veränderungen der Gelenkknorpel erreichen manchmal auch die Corticalis. Sie befinden sich nach ESPINASSE und PARODI (1975) in konstanter Weise am Hüft- und Kniegelenk, seltener auch an anderen Gelenken.

PARODI et al. (1982) beobachteten gemäß Lokalisation und Alter der Veränderung mehr oder weniger schwere Arthrosen, welche ihren Sitz hauptsächlich in Schulter- Vorderfußwurzel- Hüft- und Sprunggelenk haben. Dabei stellten sie ein direktes Verhältnis zwischen dem Schweregrad der Gelenksläsion und der Verkürzung der angrenzenden Knochen fest. PARODI et al. (1985) geben an, daß bei 85 % der von ihnen untersuchten Tiere arthrotische Veränderungen der Gelenke vorlagen. CAMBIAGHI et al., 1983 stellt dagegen keine derartigen Gelenksläsionen fest. Bei den eigenen Untersuchungen stellte sich interessanterweise heraus, daß bei beiden Tieren an beiden Hintergliedmaßen an exakt gleicher Stelle (1. distal zwischen den beiden Rollkämmen der Trochlea ossis femoris; 2. in beiden Abschnitten der Cochlea tibiae) und gleicher Ausdehnung Erosionen des Gelenkknorpels, die auch auf die Knochensubstanz Übergriffen, auftraten. Ein direktes Verhältnis zwischen Schwere der Arthrosen und der Verkürzung von Os femoris und Tibia, wie es PARODI et al., 1982 beschreiben, konnte demnach bei den eigenen Untersuchungen nicht festgestellt werden.

Alle anderen durchgeführten Untersuchungen bzw. beschriebenen Veränderungen fanden bisher, soweit feststellbar, in der Literatur keine Erwähnung.

Wie aber könnte nun ein pathogenetisches Modell aussehen, welches die Ursachen und Zusammenhänge der beschriebenen Veränderungen wiedergibt, und welche Auswirkungen haben

diese Veränderungen auf die Statik und die Dynamik der Hintergliedmaßen- bzw. der Rumpfkonstruktion.

Statik:

Betrachtet man ein "Hyänenrind" im Stand der Ruhe, so wird in der Literatur übereinstimmend die kaudal abfallende Rückenlinie, ein stärkeres Unterstellen der Hintergliedmaßen und ein deutlich verkleinerter Kniegelenkwinkel beschrieben. Eine zentrale Rolle spielt dabei zunächst die Verkürzung der beiden langen Röhrenknochen, Os femoris und Tibia. REMY (1978) vermutete auf Grund seiner Untersuchung, daß diese Längendifferenz nicht durch eine Längenminderung der Diaphyse, sondern im Falle des Os femoris durch die Verkleinerung des Winkels zwischen Femurschaft- und Kondylusachse, hervorgerufen wird. Im Gegensatz dazu ist nach Meinung von PARODI et al. (1982) und PARODI et al. (1985) die Verkürzung eine Folge der Insuffizienz des Längenwachstums der Diaphyse. Sie belegen diese Auffassung durch vergleichende intermetaphysäre Messungen. Die Ursache liegt nach übereinstimmender Meinung in einer Schädigung der metaphysären Wachstumszonen. Dabei sind vor allem die für das Längenwachstum besonders bedeutende distale Metaphyse des Os femoris und die proximale Metaphyse der Tibia betroffen. Die Ursache dieser Schädigung und damit die Ätiologie der Hyänenkrankheit bleibt aber dennoch unbekannt.

Die Folgen der Verkürzung der beiden langen Röhrenknochen der Hintergliedmaßen liegen zunächst in einer veränderten Statik. Fällt man das Lot vom Angriffspunkt der Last der Hinterextremitäten (Hüftgelenk), so trifft man physiologischerweise die Mitte der Fußungsfläche. Dabei kreuzt das Lot den Unterschenkel, wodurch das Kniegelenk vor und das Sprunggelenk hinter die Schwerlinie zu liegen kommt. Weiterhin ist die Größe der Unterstützungsfläche, des Körperschwerpunktes d.h. die von den 4 fußenden Gliedmaßenspitzen begrenzte, rechteckige Fläche und die Lage des Massenmittelpunktes des Gesamtkörpers für die Statik von großer Bedeutung. Bei normaler Stellung und Belastung aller vier Gliedmaßen liegt der auf die Unterstützungsfläche projizierte Massenmittelpunkt direkt kranial vom Schnittpunkt der Diagonalen des Unterstützungsrechtecks. Das bedeutet, daß der stehende Tierkörper leichter nach vorne und zur Seite als nach hinten aus dem Gleichgewicht zu bringen ist. Aus dem gleichen Grund lastet das Körpergewicht vermehrt auf den Vordergliedmaßen.

Bei den "Hyänen" kommt es auf Grund der Verkürzung von Os femoris und Tibia zum Absinken und zu einer stärkeren Schrägstellung des Beckens und als Folge davon zu einem vermehrten Untersetzen der Hintergliedmaßen. Dies hat zum einen zur Folge, daß das Schwerlot nicht mehr die Fußungsfläche trifft, sondern die gesamte Gliedmaße vor die Schwerlinie zu liegen kommt und zum anderen, daß die Unterstützungsfläche des Körperschwerpunktes verkleinert

wird. Desweiteren kommt es aus demselben Grund zu einer Kaudalverschiebung des Massenmittelpunktes. Die Folge ist eine durch diese Veränderungen bedingte mehr oder weniger starke Herabsetzung der Standfestigkeit, d.h. die erkrankten Tiere sind je nach Ausprägung der Veränderung mehr oder weniger leicht, vor allem nach hinten, aus dem Gleichgewicht zu bringen. Im Stand der Ruhe macht sich diese Einschränkung der Standfestigkeit allerdings nicht so deutlich bemerkbar wie es auf Grund der oben erwähnten Veränderungen und deren Folgen auf die Statik der Hintergliedmaßen zu erwarten wäre. Schon REMY (1978) stellt fest, daß der Abstand zwischen dem Fußungspunkt der Vorder- und Hinterextremität bei der "Hyäne" nur um 10 mm geringer ist als beim Kontrolltier. Der Grund hierfür ist in dem verkleinerten Winkel zwischen Femurschaft- und Kondylusachse zu sehen.

Worin liegt aber nun die Ursache für diese Veränderung. Zum einen könnte die Ursache in einer immer mehr oder weniger gleichen, entlang der Metaphyse kraniokaudal abnehmenden Schädigung des Knorpels, welche dann ein entsprechend unterschiedliches Wachstum und damit eine stärkere Abknickung der distalen Epiphyse des Os femoris zur Folge hätte, gesehen werden. Dies ist aber, vor allem auf Grund der derzeit diskutierten Hypothesen und der Ergebnisse von PARODI et al. (1982) und PARODI et al. (1985), die keine unterschiedliche Aktivität entlang des Metaphysenknorpels feststellten, als unwahrscheinlich anzusehen. Zum anderen könnte es sich um eine Folge der

durch die Verkürzung von Os femoris und Tibia veränderten statischen Gegebenheiten und damit der veränderten Kraft-
einwirkung handeln und/oder um den Versuch des Glied-
maßenskeletts die durch die Verkürzung der langen Röhren-
knochen herabgesetzte Standfestigkeit auszugleichen. Die
Tibia, die über die langen Seitenbänder und die gekreuz-
ten Bänder, die ihrerseits keine wesentlichen Ver-
änderungen hinsichtlich Ursprung, Ansatz und Länge er-
fahren, mit den Kondylen des Os femoris in Verbindung
steht, macht diese Richtungsänderung der distalen Epi-
physe mit. Die Folge ist eine Verkleinerung des Stand-
winkels, wobei ein direktes Verhältnis zwischen Stand-
winkel und dem Winkel zwischen Femurschaft- und Kondylus-
achse in der Art besteht: je kleiner der Winkel zwischen
Femurschaft- und Kondylusachse, umso kleiner auch der
Standwinkel des Kniegelenks ist.

Eine weitere Beobachtung (KLEE und LENGFELDER, 1979) ist,
daß die "Hyänen - Rinder" viel liegen. Der Grund hierfür
ist in der durch die veränderte Statik verursachten stär-
keren Belastung der Fixationseinrichtungen zu sehen.
Diese werden im Gegensatz zum Pferd, wo sie noch einen
rein passiven Charakter besitzen, beim Rind z.T. durch
ermüdbare Muskeln ersetzt. Die Folge ist eine schnellere
Ermüdung und damit ein häufigeres und längeres Nieder-
legen der erkrankten Tiere.

Dynamik:

Übereinstimmend beschreiben verschiedene Autoren auch lokomotorische Störungen. Der Gang ist breitbeinig, die Schritte der Hintergliedmaßen sind verkürzt. Die Tiere machen bei der Vorwärtsbewegung einen unsicheren Eindruck. Dabei scheint sich dieser Eindruck beim Rückwärtsrichten der Tiere noch zu verstärken (eigene Beobachtung).

Bei der passiven Bewegungsmessung wurde festgestellt, daß bei den beiden "Hyänen" eine Streckung des Kniegelenks nur bis 138 bzw. 139 Grad (H1) und 128 bzw. 130 Grad (H2) möglich ist. Dann berühren sich der laterale Rollkamm des Os femoris und die Tuberositas tibiae. Die Gründe hierfür sind zum einen der kleinere Winkel zwischen Femurschaft- und Kondylusachse und das damit verbundene vermehrte Absinken der Trochlea ossis femoris, zum anderen die deutlich hervortretende Tuberositas tibiae.

Sie kommt dadurch zustande, daß erstens der Apophysenfugenknorpel der Tuberositas tibiae im Gegensatz zum Epiphysenknorpel nicht geschädigt zu sein scheint und dadurch ein normales Wachstum aufweist. Zweitens ist die Tuberositas tibiae als Ansatz des Musculus quadriceps femoris durch die veränderte Statik einer vermehrten Zugbelastung ausgesetzt. Drittens wirkt, bedingt durch die fast waagerechte Stellung der Trochlea ossis femoris, die Zugrichtung der Endsehne des Musculus quadriceps femoris mehr von proximo- kranial auf die Tuberositas tibiae ein. Angemerkt sei hierzu, daß die beschriebene Berührung der

beiden langen Röhrenknochen am anatomischen Präparat nur mit enormem Kraftaufwand zu erreichen ist, so daß eine derartige Berührung beim lebenden Tier nicht zu erwarten ist. Daher ist darin auch nicht der Hauptgrund für eine Bewegungseinschränkung zu sehen.

Unter mäßigem Kraftaufwand erreicht man bei den Kontrolltieren eine Streckung von 150 - 155 Grad und bei den beiden "Hyänen" von 129 bzw. 125 Grad (H1) und 115 bzw. 117 Grad (H2). Es ergibt sich also eine Differenz von ca. 25 - 35 Grad. Nicht so gravierend ist der Unterschied bei der maximalen Beugung. Während H 1 mit 45 Grad in etwa die Werte der Kontrolltiere erreicht, lassen sich die Kniegelenke von H 2 bis 20 bzw. 23 Grad beugen; auch hier im Fall von H 2 eine Differenz von 20 Grad.

Wodurch könnten diese Differenzen nun zustande kommen. Betrachten wir zunächst die Streckungshemmung, der im Hinblick auf die beschriebenen lokomotorischen Störungen wohl die größte Bedeutung beigemessen werden muß.

Die eigenen Untersuchungen ergaben weder eine Veränderung der Ursprungs- und Ansatzverhältnisse der Bänder, noch eine wesentliche Differenz in den von den Menisken während der Beugung auf den proximalen Gelenkflächen der Tibia zurückgelegten Strecken. Unterschiede ergaben sich allerdings hinsichtlich der Größe und Form der Menisken. Dabei sind diese Größen- und Formveränderungen die zwangsläufige Folge der veränderten Statik und der veränderten proximalen Gelenkflächen der Tibia. Keine der an den Bändern und Menisken festgestellten Veränderungen

reicht allerdings aus, um eine Einschränkung der Streckung von 25 - 35 Grad zu erklären.

Streckungshemmend könnten sich auch Veränderungen der Gelenkflächen auswirken. Das Schnittprofil des Condylus medialis ossis femoris weist bei beiden "Hyänen" sowohl im kranialen als auch im kaudalen Abschnitt eine stärkere Krümmung als das der Kontrolltiere auf. Dabei treten Differenzen zwischen 1 und 9 mm auf. Es erreicht aber ebenso wie bei den Kontrolltieren seinen größten Radius im 4. Kreissektor. Das Schnittprofil des Condylus lateralis ossis femoris beginnt kranial insgesamt etwas flacher, erreicht aber ebenso wie das der Kontrolltiere seinen größten Radius im 5. Kreissektor. Kaudal ist bei den "Hyänen" eine deutlich stärkere Krümmung mit Differenzen von bis zu 10 mm festzustellen.

Die proximalen Gelenkflächen der Tibia zeigen dagegen schon deutlichere Veränderungen. Es kommt bei beiden "Hyänen" sowohl in kraniokaudaler wie auch in medio-lateraler Richtung an beiden Kondylen zu Formveränderungen, die in besonders ausgeprägter Form bei H 2 vorliegen (s.S. 82, 83). Besonders auffällig ist hierbei die sehr starke mediolaterale Konkavität des Condylus med. und lat. tibiae. Diese Formveränderungen der Gelenkflächen könnten als Folge der durch die veränderte Statik hervorgerufenen veränderten Kräfteverhältnisse gedeutet werden. Betrachtet man die Veränderungen der Gelenkflächen im Hinblick auf deren Auswirkung auf den Bewegungsumfang des Kniegelenks, so muß man auch hier zu

dem Ergebnis kommen, daß keine der beschriebenen Veränderungen ausreicht, den vollen Umfang der Bewegungseinschränkung zu erklären.

Ausgehend von einem Standwinkel von 130 Grad (REINSFELD, 1932) bei den Kontrolltieren, wird bei der Streckung ein Winkel von 20 - 25 Grad, bei der Beugung ein Winkel von 87 - 90 Grad überstrichen. Geht man bei den beiden "Hyänen" von einem Standwinkel von 100 Grad (REMY, 1978) bzw. einem bei H 2 gemessenen Standwinkel von 95 Grad aus, so erreicht der Streckungswinkel auch hier einen Wert von durchschnittlich 25 Grad, der Beugungswinkel dagegen bei H 1 55 Grad, bei H 2 75 bzw. 72 Grad. Das bedeutet, daß die Gesamtbewegung bei den Kontrolltieren einen Winkel von 110 - 114 Grad, bei den "Hyänen" dagegen von nur 80 - 95 Grad überstreicht, wobei diese Differenz durch den geringeren Beugungsumfang zustande kommt.

Der Grund für die Bewegungseinschränkung und damit für die bei "Hyänen" festgestellte kürzere Schrittlänge liegt demnach in erster Linie im kleineren Standwinkel des Kniegelenks, hervorgerufen durch den kleineren Winkel zwischen Femurschaft- und Kondylusachse, begründet.

Ein weiterer Unterschied ergab sich bei der Messung der Rotation im Kniegelenk. Während bei den Kontrolltieren eine Rotation nach außen nicht möglich ist, erreicht diese bei den beiden "Hyänen" 10 Grad. Im Gegensatz dazu ist die Rotation nach innen, die bei den Kontrolltieren 28-30 Grad beträgt, bei den beiden "Hyänen" eingeschränkt (H 1: 18 bzw. 20 Grad; H 2: 2 bzw. 3 Grad). Dabei ent-

spricht der Gesamtrotationsumfang bei H 1 mit 28 - 30 Grad dem der Kontrolltiere, während er bei H 2 mit 12 Grad extrem verringert ist. Der Grund für diese Rotationsänderung ist in der veränderten Form der proximalen Gelenkfläche des Condylus lat. et med. tibiae zu sehen. Während es bei H 1 auf Grund der deutlich geringeren Veränderungen nur zu einer Verschiebung der Rotation nach lateral kommt, wird die Rotation bei H 2 vor allem durch die medio - laterale stark konkave Form, wobei der laterale Rand, sowohl des lateralen wie auch des medialen Kondylus, fast die Höhe des Tuberculum intercondylare mediale erreicht, deutlich in seiner Rotationsfreiheit eingeschränkt.

Eine weitere Folge dieser Veränderung der proximalen Gelenkflächen ist das bei H 2 auftretende "Schnappen" des Kniegelenks bei beginnender Beugung (Winkel um 80 Grad). Durch die starke Konkavität und die damit verbundene laterale Bewegungseinschränkung des Meniscus lateralis wird die proximale Gelenkfläche des Condylus lateralis tibiae besonders im kranialen Bereich stark verschmälert, so daß bei einer Streckung von über 80 Grad der laterale Kondylus des Os femoris von der Gelenkfläche "abgehoben" wird und nur sein abaxiales Drittel mit dem abaxialen Rand des lateralen Meniskus in Kontakt bleibt. Gleichzeitig wird auch der mediale Kondylus axial gezogen, was auch durch die Tatsache, daß das Tuberculum intercondylare mediale bei den "Hyänen" deutlich verkürzt und nicht so steil abfallend ist, unterstützt wird.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß die von verschiedenen Autoren beschriebenen statischen und lokomotorischen Störungen die Konsequenz der auftretenden morphologischen Veränderungen darstellen, die in der Hauptsache die beiden langen Röhrenknochen der Hintergliedmaßen betreffen. Besonders hervorzuheben ist hierbei neben der Verkürzung von Os femoris und Tibia vor allem der stark verkleinerte Winkel zwischen Femurschaft und Kondylusachse.

Es bleibt weiteren Untersuchungen an zusätzlichem Material vorbehalten, festzustellen, ob ein direktes Verhältnis zwischen der Qualität und vor allem der Quantität der morphologischen Veränderungen und dem klinischen Bild der erkrankten Tiere besteht. Einen Beitrag zur Klärung der Ätiologie der "Hyänenkrankheit" konnte die vorstehende Untersuchung nicht leisten.

5. Zusammenfassung

Ziel der vorliegenden Arbeit ist, Art und Ausmaß morphologischer Veränderungen am Kniegelenk von "Hyänen-Rindern" zu erheben und auf dieser Grundlage die Bewegungsanomalien an Hyänenkrankheit erkrankter Rinder zu diskutieren. Hierzu werden die Kniegelenke (Knochen, Bänder und Menisken) von zwei "Hyänen" und drei Kontrolltieren gleichen Alters mit deskriptiven und morphometrischen Methoden untersucht.

Als besonders auffällige Ergebnisse bei den "Hyänen-Rindern" zeigen sich erstens unterschiedliche Verkürzungen des Os femoris (bis zu 23 %) und der Tibia (bis zu 38 %) und zweitens die deutliche Verringerung des Winkels zwischen den Achsen des Femurschaftes und des Condylus ossis femoris (bis zu 27 %).

Aus diesen Veränderungen resultiert für die Statik der "Hyänen-Rinder" eine Verringerung des Standwinkels im Kniegelenk. Diese wirkt sich bedeutsamer in der Dynamik aus, da sie eine erhebliche Bewegungseinschränkung des Gelenks bedingt, von der im besonderen die Streckung (bis zu 25 %) und damit die Schrittlänge betroffen ist.

6. Summary

ON THE MORPHOLOGY OF THE BOVINE KNEE JOINT, WITH SPECIAL EMPHASIS ON THE "HYENA SYNDROME"

The aim of the present paper is to determine type and extent of morphological changes in the knee joint of so called "hyena cows" and to discuss the anomalies of motion of cows affected with hyena syndrome on this basis. To this end, the knee joints (bones, ligaments and menisci) of two "hyena cows" and three control animals of the same age were examined with descriptive and morphometric methods.

Especially noticeable changes in the "hyena cows" are firstly different shortenings of the os femoris (up to 23 %) and of the tibia (up to 38 %) and secondly the obvious decrease of the angle between the axes of the shaft of the femur and the condylus ossis femoris (up to 27 %).

For the statics of the "hyena cows", these changes result in a reduction of the angle in standing position in the knee joint. This has more significant repercussions in dynamics, since it entails a considerably restricted movement of the joint which concerns especially the extension (up to 25 %) and thus the so called step - length.

7. Literaturverzeichnis:

- | | |
|--|---|
| Adam, J. M. Pinta
und M. Viel (1981): | Syndrome Hyeniforme dans l'Espece
Bovine et Carence en Nickel.
Bull. Acad. Vet. de France <u>54</u> ,
329-335 |
| Ballarini, G. und
S. Maletto (1983): | "Maladie de la hyene" et carences
minerales chez les bovins.
Bull. Acad. Vet. de France <u>56</u> ,
227-234 |
| Ballarini, G,
F. Guizzardi und
R. Gatti (1981): | La malattia della jena.
Obiettivi Veterinari 2 fasc. <u>12</u> ,
9-14 |
| Ballarini, G.,
F. Guizzardi,
S. Maletto und
PP. Mussa (1984): | "Malattia della Jena" e carence
di minerali.
Obiettivi veterinari <u>5</u> , 55-58 |
| Blüml, U. (1983): | Anatomische und funktionelle
Betrachtungen zum Sprunggelenk
der Katze.
Diss. med. vet. München |
| Brunner, D. (1983): | Technik der Gelenkmessung an den
Gliedermaßengelenken des Kalbes.
Diss. med. vet. München |
| Cambiaghi, D.,
M. Rizzotti,
A. Belloli und
G. Vacirca (1983): | Contributo alla conoscenza della
C.D. "Malattia della Jena": Relievi
morfofunzionali sulle cartilagini
articolari e su alcuni legamenti
degli arti.
Atti Soc. Ital. Sci. Vet. <u>37</u> ,
388-390 |
| Cambiaghi, D.,
S. Cinotti,
C. Sangiorgi und
A. Belloli (1983) | "Malattia della Jena": Modifica-
zioni dello scheletro conseguenti
all'alterata postura.
Atti Soc. Ital. Sci. Vet. <u>37</u> ,
386-387 |

- Carrig, C.B.,
J. Grandage and
A.A. Seawright
(1981):
Disproportionate Dwarfism in two
Bovine Siblings.
Vet. Radiol. 22, 78-82
- Cinotti, S. and
C. Sangiorgi
(1984):
Bone radiography in hyena disease
of cattle.
Atti Soc. Ital. Sci. Vet. 38,
374-376
- Cinotti, S.,
C. Sangiorgi
und C. Tarabusi
(1984):
Aspetti istopatologici dell'osso
nella C.D. Malattia della Jena.
Atti Soc. Ital. Buiatria
Vol.XVI. Modena 11-13. Maggio,
329-330
- Driesch, van den A.
(1982):
Das Vermessen von Tierknochen aus
vor- und frühgeschichtlichen
Siedlungen
- Ernst, L.K.,
V.P. Urban und
A.N. Bazhenov
(1983):
New Form of development pathology
of the pelvic-sacral part of the
trunk in Cattle Hyena syndrome.
Sel'skokhozyaistvennaya Biologiya
No. 2, 99-105
- Espinasse, J. und
A. Parodi (1975):
A propos d'une nouvelle affection
bovine denomnee "Maladie de la
Hyene"
Rec. med. vet. 151, 535-537
- Espinasse, J. und
A. Parodi (1976)
Etude de la "Maladie de la Hyene"
9. Congres International sur
les Maladies du Betail
Rapports et Resumes Tome 2, 519-522
- Espinasse, J. und
A. Parodi (1978)
Maladie de la Hyene
Premiers Resultats
10. Int. Kongress für Rinder-
krankheiten Mexico-City, 987-991
- Espinasse, J. und
A. Parodi (1979)
Maladie de la Hyene
Premiers Resultats
Bull. G.T.V., 51-57

- Espinasse, J.,
A. Parodi,
A. Constantin,
M. Viso und A. Laval
(1985):
Le Point sur la Maladie de la
Hyene.
Point Veterinaire 17, 31-34
- Gabbi, C., E.Cabassi
und A.Corradi (1982):
Aspetti macroscopici e relievi
istologici di ossa di bovini
affetti dal C.D. Malattia della
Jena.
Ann. Facolta Med. Vet. 2, 307-314
Universita di Parma
- Guellec, J. (1981):
Etiologie virale de la Maladie
de la Hyene.
These Doct. Vet. Alfort
- Herzog, A., SA Ojo
und H.Rieke (1986):
Über gehäuftes Auftreten der
"Hyänenkrankheit" in einer Milch-
viehherde.
Dtsch. Tierärztl. Wschr. 93,
309-310
- Klee, W. und
K. Lengfelder
(1979):
Erstes Auftreten der sogenannten
Hyänenkrankheit in der BRD.
Tierärztl. Umsch. 34, 663-670
- Klee, W. (1987):
Persönliche Mitteilung
- Legoupil, F. (1979):
Etude Hormonale chez la Genisse
Atteinte de la "Maladie de la
Hyene".
These Doct. Vet. Alfort
- Liberge, P. (1981):
La Maladie de la Hyene chez les
Bovins.
These Doct. Vet. Alfort
- Lomba, F.,
G.Chauvax und
G. Wellemanns
(1981):
La "Maladie de la Hyene"
Une sequele d'une maladie
infectieuse?.
Ann. Med. Vet. 125, 5-12
- Marschang, F.
(1980):
Nochmals "Hyänenkrankheit" in
Süddeutschland.
Dtsch. Tierärztl. Wschr. 87,
383-384

Parodi, A. und
J. Espinasse (1976):

Una nuova malattia dei bovini
la "malattia della iena".
Selezione Veterinaria 17,
325-326

Parodi, A.L.,
M.F. Basle,
E. Gonzales-Denguez,
F. Dubas, A. Rebel,
J. Espinasse, M. Viso
und A. Constantin
(1982):

Nouvelles observations anatomo-
pathologiques dans la "Maladie
de la Hyene".
XII. Congres Buiatrie
Amsterdam 7.-10. September

Parodi, A.L.,
J. Espinasse und
E. Gonzalez-Denguez
(1983):

Bone pathology in bovine
"Hyena disease"
XXII. World Veterinary Congress
Abstracts Booklet 88

Parodi, A.L.
J. Espinasse et
E. Gonzalez-Denguez
(1985):

La "Maladie de la Hyene" des
Bovins, Nouvelles Acquisitions
Anatomo-Pathologiques et
Perspectives.
Rec. Med. Vet. 161, 419-429

Pouplard, A.,
A. Constantin,
J. Espinasse und
M.P. Dubois (1982):

Maladie de la Hyene chez les
bovins une hypophysite d'origine
autoimmune.
Bull. Acad. Vet. 55, 327-334

Reinsfeld, R.
(1932):

Die Mechanik des Kniegelenks
vom Rinde.
Diss. med. vet. München

Remy, C. (1978):

La Maladie de la Hyene de l'Espece
bovin (etude morphometrique).
These Doct. Vet. Alfort

Renner, J.E.,
M. Monina, E. Pons,
J.F. Ottino und
I.M. Garat (1983):

Enfermedad de la Hiena en el bovino
Description y Etiologia.
XI. Jornadas Uruguayas Di Buiatria
15-17. de junio Paysandu R.O.U.

Renner, J.E.,
M. Monina et
J.A. Beloqui (1983):

Primer Hallazgo de la Llamada
"Enfermedad de la Hiena" en el bovino
en la Republica Argentina.
Gac. Vet. Bs.Aires, T. XLV, No 379
384-385

- Renner, J.E.,
M. Monina, E. Pons,
I.M. Garat et
I.F. Ottino (1985):
Eziologia della "Malattia della Iena" nel bovino.
Obiettivi Veterinari 6, 29-33
- Renner, J.E. (1985):
Esperienza cliniche sulla "Malattia della Iena" da Ipervitaminosi D nel Bovino.
Obiettivi Veterinari 6, 53-54
- Renner, J.E. (1985):
"Hyena disease" in cattle
a review.
Dtsch. Tierärztl. Wschr. 92,
433-434
- Russe O.A.,
J.J. Gerhardt und
O.J. Russe (1982):
Taschenbuch der Gelenkmessung mit
Darstellung der Neutral-Null-
Methode und SFTR-Notierung.
2. Aufl., Verlag Hans Huber
Bern-Stuttgart-Wien
- Seimiya, Y. (1986):
An outbreak of "Hyena disease"
in cattle.
Journal of the Japan Veterinary
Medical Ass. 39, 33-37
- Thibier, M.,
F. Legoupil,
N. Jeanguyot und
J. Saumande (1978):
Hyena Disease in Cattle
Lutropin, Oestradiol-17, Testo-
sterone, Progesterone and 17-
Hydroxyprogesteron peripheral
plasma Concentration.
Br.vet.J. 134, 462-468
- Trachsel, K. (1910):
Anatomie und allg. Pathologie des
Kniegelenks des Rindes.
Diss. med. vet. Bern
- Trenti, F. und
S. Cinotti (1981):
Malattia della Iena, Aspetti
Radiologici.
Atti Soc. Ital. Sci. Vet. 35,
460-461
- Trenti, F. (1982):
Aspetti radiologici di alcune
osteopatie del bovino.
Acta Med. Vet. 28, 231-242

Trenti, F.,
S. Cinotti und
R. Busetto (1984):

Reperti radiologici scheletrici di
alcuni bovini affetti della C.D.
Malattia della Iena.
Atti Soc. Ital. Buiatria 15,
341-348

Vacirca, G., O. Pozza
und M. Agosti (1980):

Prima segnalazione della ad
Malattia della Iena in Italia.
Atti Soc. Ital. Buiatria 12,
319-323

Vollmerhaus, B. und
H. Roos (1985):

Anwendung des Standard-Goniometers
zur Gelenkmessung und Notierung
der Gelenkbewegung beim Tier
Tierärztl. Prax. Suppl. 1, 20-25

Wessel, H. (1986):

Untersuchungen zur Verbreitung und
Epizootiologie der sog. Hyänenkrank-
heit der Rinder in Nord- und
Westdeutschland
Diss. med. vet. Hannover

Lebenslauf

Am 24.8.1957 wurde ich, Frank Schauten, als Sohn des Großhandelskaufmanns Karl-Heinz Schauten und seiner Ehefrau Anneliese, geb. Schmitz, in Mönchengladbach-Neuwerk geboren. Vom August 1963 bis zum August 1967 besuchte ich die Volksschule Mönchengladbach-Untereicken. Anschließend wechselte ich auf das Mathematisch-Naturwissenschaftliche Gymnasium Mönchengladbach, wo mir am 1. Juni 1976 das Zeugnis der Allgemeinen Hochschulreife ausgestellt wurde. Vom Juli 1976 bis zum September 1981 arbeitete ich im elterlichen Betrieb. Zwischenzeitlich leistete ich vom 1.4.1977 bis zum 31.6.1978 meinen Wehrdienst ab. Ab dem Wintersemester 1981 / 82 studierte ich an der Ludwig-Maximilians-Universität München Tiermedizin. Den letzten Abschnitt der Tierärztlichen Prüfung bestand ich am 4.12. 1986.

D A N K S A G U N G

Herrn Prof. Dr. B. Vollmerhaus danke ich für die Überlassung des interessanten Themas, seine wertvollen Ratschläge und die jederzeit gern gewährte Unterstützung bei der Anfertigung dieser Arbeit.

Dank schulde ich auch Frau Dr. H. Roos, Akad. Direktorin am Institut für Tieranatomie, die mich als Doktorand einführte und jederzeit meinen Anliegen hilfsbereit gegenüberstand.

Besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. Dr. h.c. G. Dirksen, Vorstand der II. Medizinischen Tierklinik, für sein stetes Interesse am Fortschreiten der Untersuchungen und insbesondere für die Bereitstellung der Kniegelenke der "Hyänen- Rinder".

Herrn Priv. Doz. Dr. Dr. habil. W. Klee und Herrn Priv. Doz. Dr. Dr. habil. R. Köstlin sei für die hilfreiche Unterstützung vor allem in Fragen der klinischen bzw. röntgenologischen Diagnostik gedankt.

Weiterhin möchte ich mich bei Frau M. Weidner und Frau D. Breuer für die freundliche Mithilfe bei den umfangreichen Übersetzungsarbeiten bedanken.

